

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

ANALÝZA DYNAMICKÝCH PARAMETRŮ ŽELEZNIČNÍHO SVRŠKU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

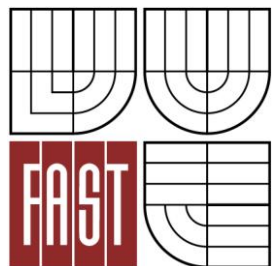
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. ONDŘEJ HOLEMÝ

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

ANALÝZA DYNAMICKÝCH PARAMETRŮ ŽELEZNIČNÍHO SVRŠKU

THE ANALYSIS OF THE DYNAMIC PARAMETERS OF THE SUPERSTRUCTURE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. ONDŘEJ HOLEMÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. JAROSLAV SMUTNÝ, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav železničních konstrukcí a staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. ONDŘEJ HOLEMÝ
Název	Analýza dynamických parametrů železničního svršku
Vedoucí diplomové práce	prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2013
Datum odevzdání diplomové práce	17. 1. 2014

V Brně dne 31. 3. 2013

.....
doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- 1) Předpis SŽDC S3 Železniční svršek. TÚDC – Oddělení typové dokumentace. Olomouc.
- 2) Smutný J., Pazdera L.: Železniční stavby. Měřicí technika a dynamika železničních staveb. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1998. 69 s. ISBN 80-214-0976-2
- 3) Miláček S.: Měření a vyhodnocování mechanických veličin. ČVUT Praha. 2001. ISBN 80 01 02417 2.
- 4) Coenraad Esveld: Modern railway track, TU Delft, 2001, ISBN 90-800324-3-3
- 5) Moravčík M., Moravčík M.: Mechanika železničních tratí 3 – Experimentálna analýza namáhania a pretvorenia komponentov trate, EDIS, Žilina, 2002, ISBN 80-7100-985-7
- 6) Dílčí zprávy projektu TAČR č. TA01031173

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Diplomová práce bude věnována provoznímu testování vybraných konstrukcí kolejového svršku „in situ“. Pro účely měření budou vybrány úseky a konstrukce bez a s aplikací podpražcových podložek. Součástí práce bude návrh metodiky měření a analýzy naměřených dat. K hodnocení naměřených dat bude zvolen vhodný matematický aparát. Předpokládá se využití matematických metod v časové a frekvenční oblasti.

Doporučené přílohy:

- Rozbor současného stavu dané problematiky
- Návrh metodiky měření
- Analýza měřených dat v časové oblasti a frekvenční oblasti
- Srovnání testovaných konstrukcí
- Závěry a doporučení

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Moje diplomová práce se zabývá provozním testováním vybraných konstrukcí kolejového svršku „in situ“. Pro účely měření byly vybrány dva úseky bez a s podpražcovými podločkami, na kterých se prováděla měření. Tato měření byla následně zhodnocena. Výsledkem je posouzení o vhodnosti či nevhodnosti pražců s podpražcovými podločkami pro železniční dopravu.

Klíčová slova

Železobetonový pražec, betonový pražec, měření „in situ“, posuny, zrychlení vibrací, měřicí stanice, podpražcové podložky, úseky bez a s podpražcovými podločkami

Abstract

The masters thesis is about operational testing on selected constructions of a railway track „in situ“. There were selected two sections with and without under sleeper pads on a railway track for measurement. These measurements were evaluated then. The result is an assessment of the suitability or unsuitability for under sleeper pads for a rail transport.

Keywords

Reinforced concrete sleepers, concrete sleepers, measurement "in situ", shifts, acceleration vibration, measuring station, under sleeper pads, sections with and without under sleeper pads

Bibliografická citace VŠKP

HOLEMÝ, Ondřej. *Analýza dynamických parametrů železničního svršku*. Brno, 2013. 80 s., 3 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce prof. Ing. Jaroslav Smutný, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 1. 2014

.....
podpis autora
Ondřej Holemý

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 17. 1. 2014

.....
podpis autora
Ondřej Holemý

Obsah:

1. Úvod	1
2. Vybrané zkušební úseky	2
2.1 První zkušební úsek Havlíčkův Brod – Okrouhlice	2
2.2 Druhý zkušební úsek Planá nad Lužnicí.....	4
3. Popis železničního svršku.....	5
3.1 Kolejnice	5
3.2 Železobetonové pražce	6
3.2.1 Pražce bez podpražcových podložek:.....	6
3.2.2 Pražce s podpražcovými podložkami:	7
3.2.3 Vlastnosti gumové podložky:	8
3.3 Upevnění pražců.....	8
3.4 Kolejové lože.....	8
4. Vlastní měření.....	9
4.1 Měření posunů v úseku Havlíčkův Brod a Planá	9
4.1.1 Snímače posunů v oblasti Havlíčkův Brod - Okrouhlice	9
4.1.2 Snímače posunů v oblasti Planá nad Lužnicí	11
4.2 Měření vibrací v úseku Havlíčkův Brod a Planá.....	13
4.2.1 Měření vibrací v oblasti Havlíčkův Brod – Okrouhlice	13
4.2.2 Měření vibrací v oblasti Planá nad Lužnicí.....	14
5. Metody měření veličin posunutí a zrychlení vibrací	16
5.1 Posunutí:	16
5.1.1 Způsob měření.....	16
5.1.2 Měřicí ústředna.....	16
5.1.3 Použité snímače.....	16
5.1.4 Hodnocení měření	17
5.2 Zrychlení vibrací v časové oblasti	19
5.3 Zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti	19
5.4 Grafy zrychlení na prvcích pražce.....	21
5.5 Grafy zrychlení ve frekvenční oblasti	22
6. Popis signálů v časové a frekvenční oblasti	23
6.1 Vzorkovací frekvence.....	23
6.2 Popis signálu v časové oblasti	23
6.3 Popis signálu ve frekvenční oblasti	24
6.4 Třetinooktávová analýza	25
7. Výstupy z měření – oblast Havlíčkův Brod – měření posunů	27

7.1	Měření posunů bez a s podpražcovými podložkami:	27
7.2	Rychlíky R – 62km/h s podpražcovými podložkami a R – 57km/h bez podpražcových podložek	27
7.2.1	Vlak R, 62km/h – s podpražcovými podložkami	27
7.2.2	Vlak R, 57km/h – bez podpražcových podložek	28
7.2.3	Srovnání pro rychlíky R – 62km/h a R – 57km/h	29
7.3	Osobní vlaky Os – 44km/h s podpražcovými podložkami a Os – 47km/h bez podpražcových podložek	30
7.3.1	Vlak Os, 44km/h – s podpražcovými podložkami	30
7.3.2	Vlak Os, 47km/h – bez podpražcových podložek	31
7.3.3	Posouzení pro osobní vlaky Os – 44km/h a Os – 47km/h	32
8.	Výstupy z měření – oblast Planá – měření posunů	33
8.1	Rychlíky R – 139km/h s podpražcovými podložkami a R – 128km/h bez podpražcových podložek	33
8.1.1	Vlak R, 139km/h – s podpražcovými podložkami	33
8.1.2	Vlak R, 128km/h – s podpražcovými podložkami	34
8.1.3	Posouzení pro rychlíky R – 139km/h a R – 128km/h	35
8.2	Rychlíky R – 118km/h s podpražcovými podložkami a R – 120km/h bez podpražcových podložek	36
8.2.1	Vlak R, 118km/h – s podpražcovými podložkami	36
8.2.2	Vlak R, 120km/h – bez podpražcových podložek	37
8.2.3	Posouzení pro rychlíky R – 118km/h a R – 120km/h	38
8.3	Osobní vlaky Os – 52km/h s podpražcovými podložkami a Os – 54km/h bez podpražcových podložek	39
8.3.1	Vlak Os, 52km/h – s podpražcovými podložkami	39
8.3.2	Vlak Os, 54km/h – bez podpražcových podložek	40
8.3.3	Posouzení pro osobní vlaky Os – 52km/h a Os – 54km/h	41
8.4	Osobní vlaky Os – 90km/h s podpražcovými podložkami a Os – 87km/h bez podpražcových podložek	42
8.4.1	Vlak Os, 90km/h – s podpražcovými podložkami	42
8.4.2	Vlak Os, 87km/h – bez podpražcových podložek	43
8.4.3	Posouzení pro osobní vlaky Os – 90km/h a Os – 87km/h	44
9.	Výstupy z měření – oblast Planá – měření posunů ve výhybce	45
9.1	Osobní vlaky Os – 93-98km/h s podpražcovými podložkami a Os – 85-90km/h bez podpražcových podložek	45
9.1.1	Vlak Os, 93-98km/h – s podpražcovými podložkami	45
9.1.2	Vlak Os, 85-90km/h – bez podpražcových podložek	46
9.1.3	Posouzení pro osobní vlaky Os – 93-98km/h a Os – 85-90km/h	47

9.2	Rychlíky R – 115km/h s podpražcovými podložkami a R – 118km/h bez podpražcových podložek	48
9.2.1	Vlak R, 115km/h – s podpražcovými podložkami	48
9.2.2	Vlak R, 118km/h – bez podpražcových podložek	49
9.2.3	Posouzení pro rychlíky R – 115km/h a R – 118km/h	50
10.	Výběr zhodnocení posunů	51
10.1	Graf posunů v závislosti na rychlosti - Havlíčkův Brod	51
10.2	Graf posunů v závislosti na rychlosti – Planá – přímý úsek	52
10.3	Graf posunů v závislosti na rychlosti – Planá – výhybka	53
11.	Výstupy z měření – oblast Havlíčkův Brod – zrychlení vibrací	54
11.1	Rychlíky R – 62km/h s podpražcovými podložkami a R – 57km/h bez podpražcových podložek	54
11.1.1	Vlak R, 62km/h – s podpražcovými podložkami	54
11.1.2	Vlak R, 57km/h – bez podpražcových podložek	55
11.1.3	Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky R – 62km/h a R – 57km/h	56
11.1.4	Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky R – 62km/h a R – 57km/h	57
11.2	Osobní vlaky Os – 44km/h s podpražcovými podložkami a Os – 47km/h bez podpražcových podložek	58
11.2.1	Vlak Os, 44km/h – s podpražcovými podložkami	58
11.2.2	Vlak Os, 47km/h – bez podpražcových podložek	59
11.2.3	Graf zrychlení v časové oblasti pro osobní vlaky Os – 44km/h a Os – 47km/h	60
11.2.4	Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro osobní vlaky Os – 44km/h a Os – 47km/h	61
12.	Výstupy z měření – oblast Planá nad Lužnicí – zrychlení vibrací	62
12.1	Rychlíky R – 139km/h s podpražcovými podložkami a R – 128km/h bez podpražcových podložek	62
12.1.1	Vlak R, 139km/h – s podpražcovými podložkami	62
12.1.2	Vlak R, 128km/h – bez podpražcových podložek	63
12.1.3	Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky R – 139km/h a R – 128km/h	64
12.1.4	Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky R – 139km/h a R – 128km/h	65
12.2	Rychlíky R – 118km/h s podpražcovými podložkami a R – 120km/h bez podpražcových podložek	66
12.2.1	Vlak R, 118km/h – s podpražcovými podložkami	66
12.2.2	Vlak R, 120km/h – bez podpražcových podložek	67
12.2.3	Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky R – 118km/h a R – 120km/h	68
12.2.4	Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky R – 118km/h a R – 120km/h	69
12.3	Osobní vlaky Os – 52km/h s podpražcovými podložkami a Os – 54km/h bez podpražcových podložek	70
12.3.1	Vlak Os, 52km/h – s podpražcovými podložkami	70

12.3.2	Vlak Os, 54km/h – bez podpražcových podložek	71
12.3.3	Graf zrychlení v časové oblasti pro osobní vlaky Os – 52km/h a Os – 54km/h	72
12.3.4	Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro osobní vlaky Os – 52km/h a Os – 54km/h ...	73
12.4	Osobní vlaky Os – 90km/h s podpražcovými podložkami a Os – 87km/h bez podpražcových podložek	74
12.4.1	Vlak Os, 90km/h – s podpražcovými podložkami	74
12.4.2	Vlak Os, 87km/h – bez podpražcových podložek	75
12.4.3	Graf zrychlení v časové oblasti pro osobní vlaky Os – 90km/h a Os – 87km/h	76
12.4.4	Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro osobní vlaky Os – 90km/h a Os – 87km/h ...	77
13.	Výstupy z měření – oblast Planá nad Lužnicí – zrychlení vibrací	78
13.1	Osobní vlaky Os – 93-98km/h s podpražcovými podložkami a Os – 85-90km/h bez podpražcových podložek	78
13.1.1	Vlak Os, 93-98km/h – s podpražcovými podložkami	78
13.1.2	Vlak Os, 85-90km/h – bez podpražcových podložek	79
13.1.3	Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky Os – 93-98km/h a Os – 85-90km/h	80
13.1.4	Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky Os – 93-98km/h a Os – 85-90km/h	81
13.2	Rychlíky R – 115km/h s podpražcovými podložkami a R – 118km/h bez podpražcových podložek	82
13.2.1	Vlak Os, 115km/h – s podpražcovými podložkami	82
13.2.2	Vlak Os, 118km/h – bez podpražcových podložek	83
13.2.3	Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky R – 115km/h a R – 118km/h	84
13.2.4	Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky R – 115km/h a R – 118km/h	85
14.	Zhodnocení	86
14.1	Analýza pro úsek Havlíčkův Brod - posuny	86
14.2	Analýza pro úsek Planá nad Lužnicí – posuny	86
14.3	Analýza pro úsek Planá nad Lužnicí, výhybka – posuny	86
14.4	Analýza pro úsek Havlíčkův Brod – zrychlení vibrací	87
14.5	Analýza pro úsek Planá nad Lužnicí – zrychlení vibrací	87
14.6	Analýza pro úsek Planá nad Lužnicí, výhybka – zrychlení vibrací	87
14.7	Analýza posunů/ zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti/ třetinooktávových analýz – Havlíčkův Brod	88
14.8	Analýza posunů/ zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti/ třetinooktávových analýz – Planá nad Lužnicí – přímý úsek	88
14.9	Analýza posunů/ zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti – Planá nad Lužnicí – výhybka	89
15.	Závěr	90
16.	Příloha č. 1	92
	Přehled záznamů vlaků	92

Havlíčkův Brod:	92
Planá nad Lužnicí, přímý úsek:	93
Planá nad Lužnicí, výhybka:	94
Příloha č. 2.....	95
Vyhodnocení třetinooktávních analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Havlíčkův Brod, přímý úsek, Rychlík (R), R – 62km/h s USP a R – 57km/h bez USP	95
Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:	95
Vyhodnocení třetinooktávních analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Havlíčkův Brod, přímý úsek, Osobní vlak, Os – 44km/h s USP a Os – 47km/h bez USP	99
Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:	99
Příloha č. 3.....	103
Vyhodnocení třetinooktávních analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Planá nad Lužnicí, přímý úsek, Rychlík, R – 139km/h s USP a R – 128km/h bez USP	103
Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:	103
Vyhodnocení třetinooktávních analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Planá nad Lužnicí, přímý úsek, Rychlík, R – 118km/h s USP a R – 120km/h bez USP	107
Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:	107
Vyhodnocení třetinooktávních analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Planá nad Lužnicí, přímý úsek, Osobní vlak, Os – 52km/h s USP a Os – 54km/h bez USP	111
Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:	111
Vyhodnocení třetinooktávních analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Planá nad Lužnicí, přímý úsek, Osobní vlak, Os – 90km/h s USP a Os – 87km/h bez USP	115
Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:	115
Příloha č. 4.....	119
Grafy posunů a vibrací pro Havlíčkův Brod, s a bez USP	119
Grafy posunů a vibrací pro Planou nad Lužnicí, přímý úsek, s a bez USP	135
Grafy posunů a vibrací pro Planou nad Lužnicí, výhybka, s a bez USP	147
17. Literatura	176
18. Ostatní zdroje	177
Seznam použitých zkratk a symbolů	178

1. Úvod

Diplomová práce bude věnována provoznímu testování vybraných konstrukcí kolejového svršku „in situ“. Pro účely měření byly vybrány úseky a konstrukce bez a s aplikací podpražcových podložek. Součástí práce je návrh metodiky měření a analýzy naměřených dat. K hodnocení naměřených dat je zvolen vhodný matematický aparát. Předpokládá se využití matematických metod v časové a frekvenční oblasti.

Tato metoda se vyvíjí v rámci evropské unie pro zkvalitnění železniční dopravy, do České republiky se tato metoda dostala kolem roku 2007, kdy se začaly stavět první zkušební úseky s podpražcovými podložkami, ať již v Havlíčkově Brodě, či v Plané nad Lužnicí. Již od roku 2008 probíhají na obou úsecích pravidelné měření, kde se zaznamenávají jednotlivé údaje, jako jsou posuny, zrychlení vibrací, poloha kolejnic apod., které slouží k rozboru jednotlivých konstrukčních prvků železničního svršku a porovnání úseků bez a s podpražcovými podložkami.

Pražce s podpražcovými podložkami, resp. úseky s podpražcovými podložkami se budují za účelem zkvalitnění železniční dopravy. Předpokládá se vyšší (delší) životnost oproti pražcům bez podpražcových podložek, dále se předpokládá rovnoměrnější rozložení posunů (popř. napětí) po délce pražce a díky tomu pražec nebude příliš namáhán jen na určitém místě, zejména pod kolejnicemi.

2. Vybrané zkušební úseky

Pro moji diplomovou práci zpracovávám údaje z celkem dvou úseků železniční tratí a to úsek v Havlíčkově Brodě a v Plané nad Lužnicí.

2.1 První zkušební úsek Havlíčkův Brod – Okrouhlice

První zkušební úsek pro testování pražců s pružnými podložkami byl vybudován v úseku Havlíčkův Brod – Okrouhlice pro oblouk malého poloměru. Podložky byly osazeny na koleji č. 1, od km 224,800 do km 225,150, tj. v délce 350 m, měření probíhalo v řezu km 224,925.

Ve zkušebním úseku jsou tyto parametry konstrukčního a geometrického uspořádání:

$R=288$ m

$V=75$ km/h; $D = 139$ mm; $I = 92$ mm; $s = 52,4917$ g; $d_o = 143,222$ m

$n = 9,00V$; $l_o = 94,081$ m; $m = 1,317$ m; $T = 173,440$ m; přechodnice kub.parabola

$n = 9,00V$; $l_o = 94,081$ m; $m = 1,317$ m; $T = 173,440$ m; přechodnice kub.parabola

Staničení: ZP 224,811262; ZO 224,905343; KO 225,048564; KP 225,142645

Zrychlení vibrací a svislého zatlačení kolejového lože byla pro porovnání měřena také v koleji č. 2. V koleji č. 2 jsou následující parametry konstrukčního a geometrického uspořádání:

$R = 283,85$ m

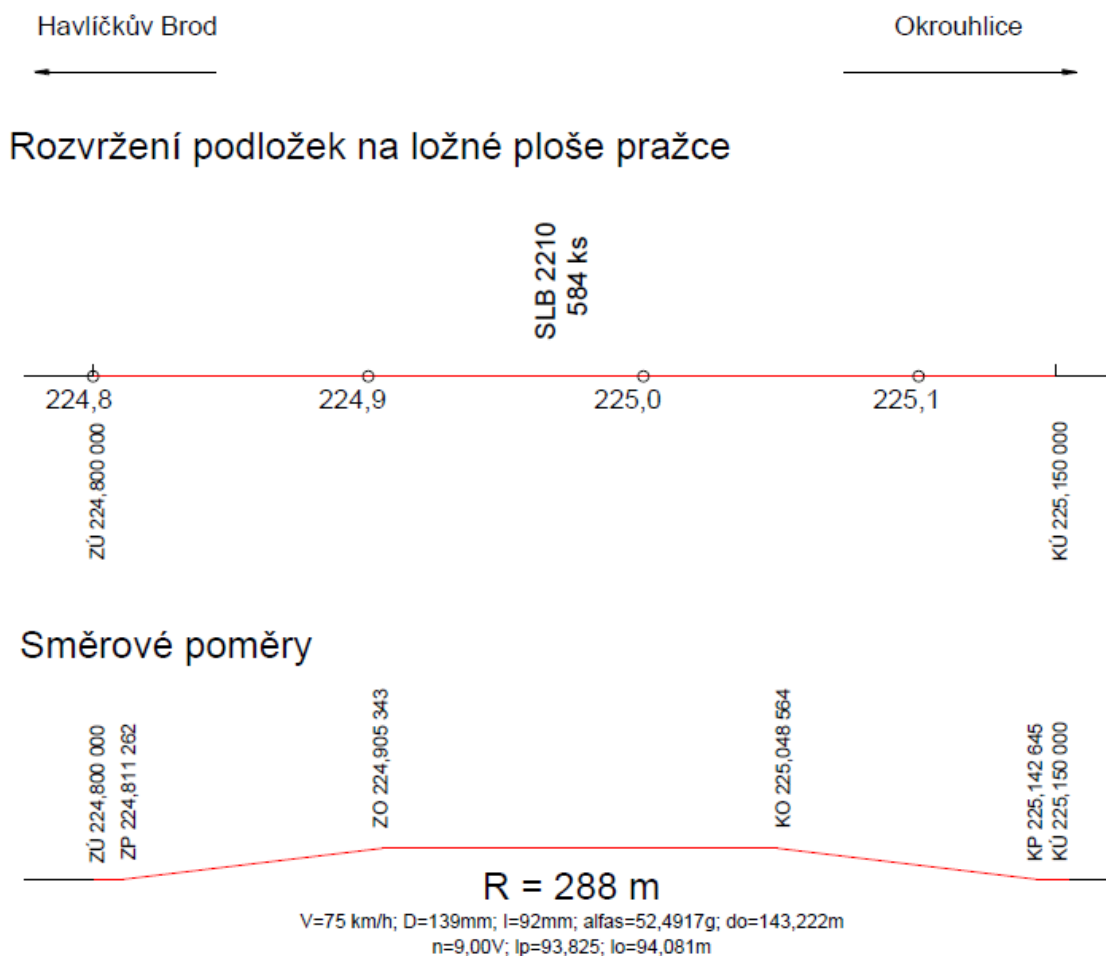
$V = 75$ km.h-1; $D = 139$ mm; $I = 95$ mm; $s = 52,4917$ g; $d_o = 140,498$ m

$n = 8,93V$; $l_o = 93,382$ m; $m = 1,317$ m; $T = 171,274$ m; přechodnice kub.parabola

$n = 8,93V$; $l_o = 93,382$ m; $m = 1,317$ m; $T = 171,274$ m; přechodnice kub.parabola

Staničení: ZP 224,816868; ZO 224,910250; KO 225,050748; KP 225,144130

Ve zkušebním úseku je použita soustava železničního svršku 49 E1 na betonových pražcích B 91S, bezpodkladnicové přímé upevnění W 14. V sousedství zkušebního úseku bylo použito zpružněné upevnění kolejnic E 14. Výsledná spojitá tuhost kolejové jízdní dráhy s tímto upevněním je podobná jako spojitá svislá tuhost s upevněním W14 na pražcích s pružnou ložnou plochou. Z tohoto důvodu nebyly v tomto zkušebním úseku vybudovány přechodové oblasti.



Obr. 1 Rozvržení podložek na ložné ploše pražce, Havlíčkův Brod (červeně je znázorněna situace podložek)

Ve zkušebním úseku byla pružná ložná plocha pražců zhotovena pomocí podpražcových podložek, nalepených na ložné ploše pražců. Typ použitých podpražcových podložek:

Výrobce: Getzner, Rakousko

Typ podložek: SLB 2210

Tloušťka podložek: 10 mm

V úseku se nacházejí dvě mostní konstrukce:

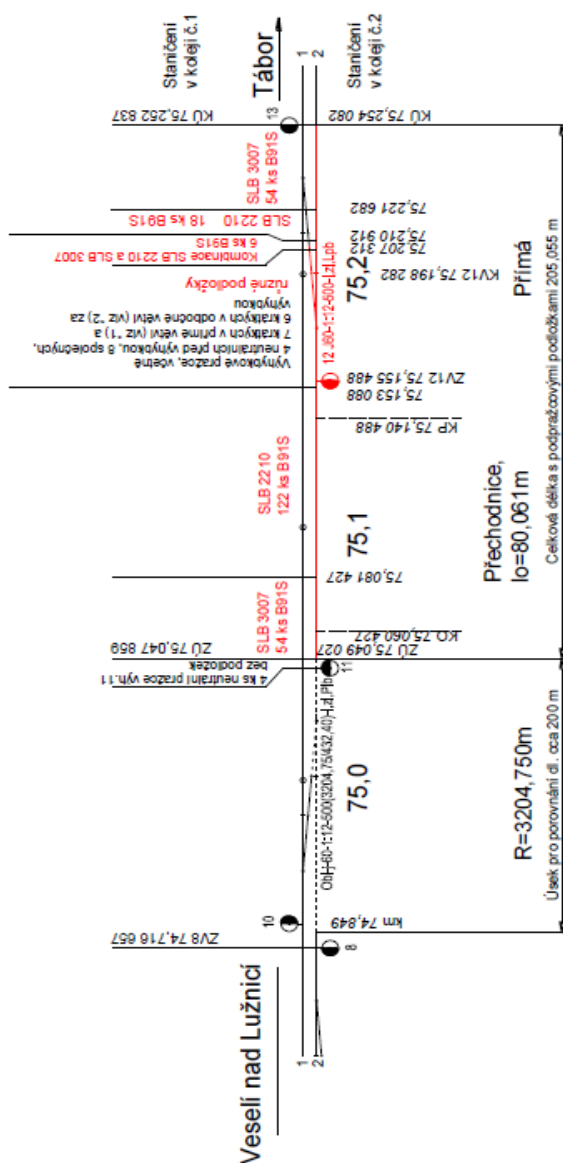
-od km 225,013 do 225,031, s průběžným kolejovým ložem

-km 225,058; světlost konstrukce 6 m, most s přesypávkou.

2.2 Druhý zkušební úsek Planá nad Lužnicí

Druhý zkušební úsek se nachází v železniční stanici Planá nad Lužnicí, zahrnující vlastní výhybku č. 12 J60 – 1:12 – 500 – I s podpražcovými podložkami, dále úseky, které zajišťují plynulost mezi kolejemi s pražci s pružnou ložnou plochou a kolejemi s běžnými železobetonovými pražci a výhybku č. 11 Obl. – J60 – 1:12 – 500 (3204,75/432,40) – I, bez podpražcových podložek.

Úsek s podpražcovými podložkami byl sestaven v železniční stanici na koleji č. 2 od výhybky č. 11 po konec přechodového úseku za výhybkou č. 12, včetně spojky mezi výhybkami č. 12 a 13. Celková délka koleje č. 2 s pražci s pružnou ložnou plochou je 205,055 m včetně výhybky č. 12, přičemž se nachází z části v přechodnici a oblouku bez převýšení s poloměrem 3204,75 m. Délka přechodových úseků byla zvolena v rozsahu 54 pražců na obou koncích zkušebního úseku. Současně byla výhybka č. 11 s přilehlým úsekem koleje k výhybce č. 8 vybrána jako srovnávací úsek klasické konstrukce pro měření v rámci provozního ověřování ve zkušebním úseku.

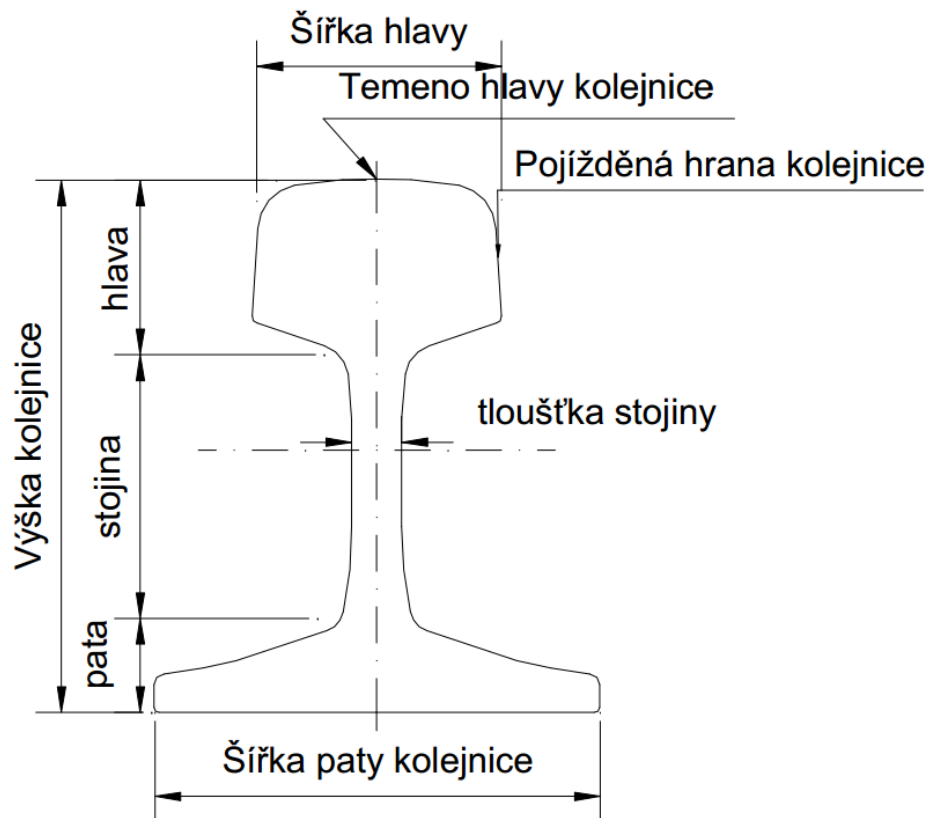


Obr. 2 Rozvržení podložek na ložné ploše pražce, Planá nad Lužnicí

3. Popis železničního svršku

3.1 Kolejnice

Jako kolejnice pro oba zkušební úseky byly použity kolejnice 49E1, které mají tyto parametry:



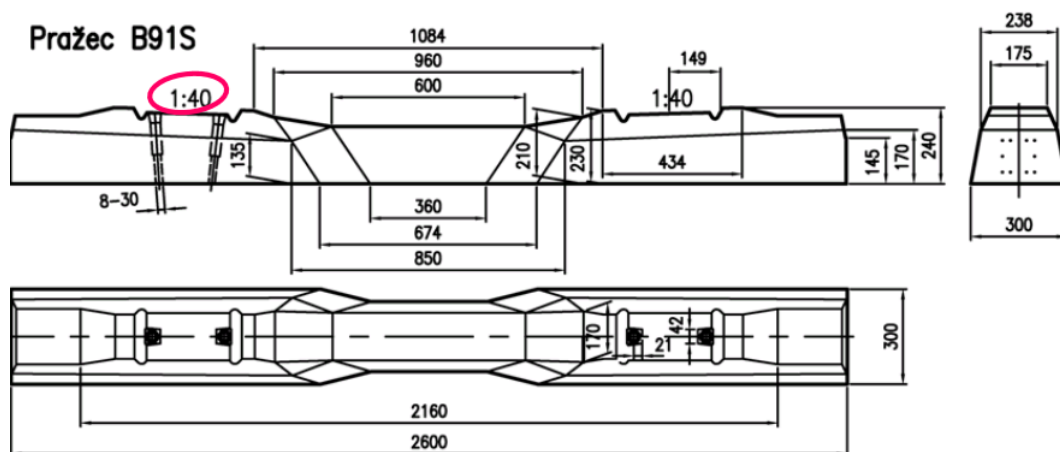
Obr. 3 Kolejnice, včetně popisu [1]

výška kolejnice	149 mm
šířka paty	125 mm
šířka hlavy	70 mm
tloušťka stojiny	14 mm
hmotnost	49,39 kg/m
průřezová plocha	62,92 cm ²
Moment setrvačnosti	1 816 cm ⁴
Modul průřezu	240,3 cm ³

3.2 Železobetonové pražce

3.2.1 Pražce bez podpražcových podložek:

Pro zkušební trať byly vybrány pražce B 91S. „Tyto pražce se zaváděly od devadesátých let, první pražce se objevily v době, kdy běžely první opravy tratí začleněné do programu „koridory“. Zpočátku se s nimi šetřilo, používaly se jen na těchto stavbách a ve stanicích se dávaly jen do průjezdných kolejí, dnes se již běžně používají pro všechny koleje a tratě. Nověji používané pražce B91S jsou upraveny pro bezpodkladnicové upevnění a sklon úložné plochy mají podle současných zvyklostí zmenšený na 1:40.“ [2]



Obr. 4 Železobetonový pražec [2]

Klady:

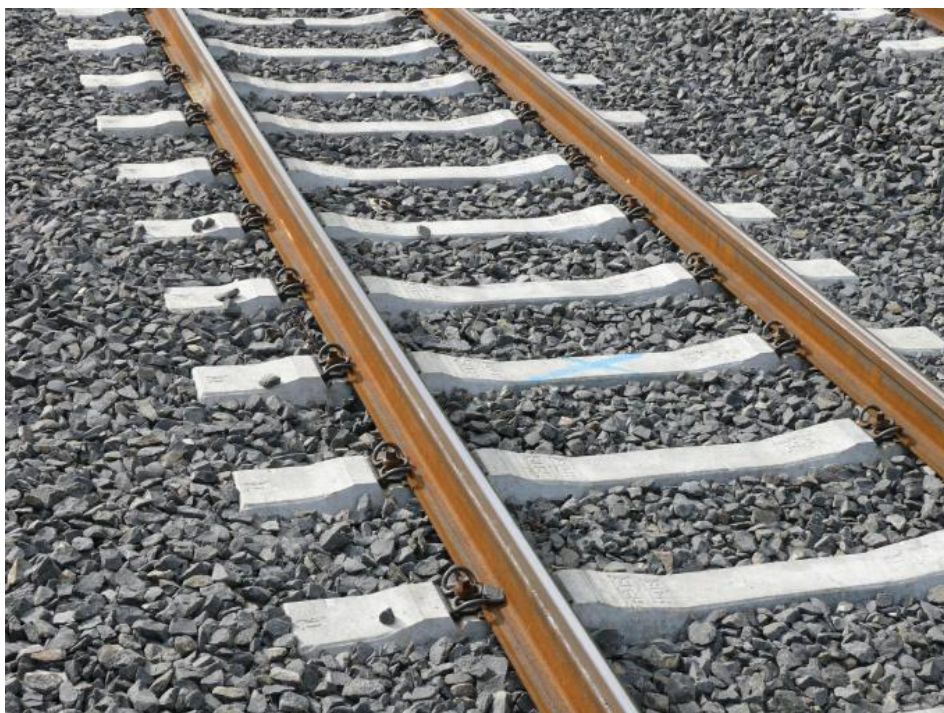
- vysoká hmotnost (200 - 300 kg), která je důležitá pro stabilitu bezстыkové koleje
- dlouhá životnost
- dobrá drážnost upevňovadel
- velká variabilita konstrukce a návrhu
- poměrně jednoduchá výroba

Zápory:

- nižší pružnost v porovnání s dřevěnými pražci
- přenáší lépe vibrace způsobené nepravidelnostmi jízdní dráhy
- nebezpečí poškození nárazem
- vyšší namáhání kolejového lože (asi o 25%) [3]

Základní údaje:

Typ	železobetonový
Délka pražce	2 600 mm
Šířka pražce	300 mm
Výška pražce	240 mm
Objemová hmotnost	2 500 kg/m ³
Hmotnost	250 - 300 kg
Tuhost pražce	100MPa/m



Obr. 5 Ukázka pražce B 91S [4]

3.2.2 Pražce s podpražcovými podložkami:

Pražce s podpražcovými podložkami jsou železobetonové pražce s pružnými podložkami z „gumového materiálu“ přilepené na pražec převážně pryskyřicovým lepidlem. Tyto pražce (USP – under sleeper pads) mají přinést zvýšenou bezpečnost a životnost konstrukce především železničního svršku, dále mají snížit náklady na provoz vlivem snížení životních cyklů železničního svršku, dále mají lépe tlumit vibrace a hluk do okolí při pojezdu železničních vlaků. Výroba těchto pražců (pražce s USP) probíhá v závodě ŽPSV a.s. Doloplazy.

Základní údaje:

Typ	železobetonový
Délka pražce...	2 600 mm
Šířka pražce	300 mm
Výška pražce	240 mm
Objemová hmotnost	2 500 kg/m ³
Hmotnost	250 - 300 kg
Tuhost pražce	100MPa/m

3.2.3 Vlastnosti gumové podložky:

Výrobce: Getzner, Rakousko

Typ podložek: SLB 2210

Tloušťka podložek: 10 mm

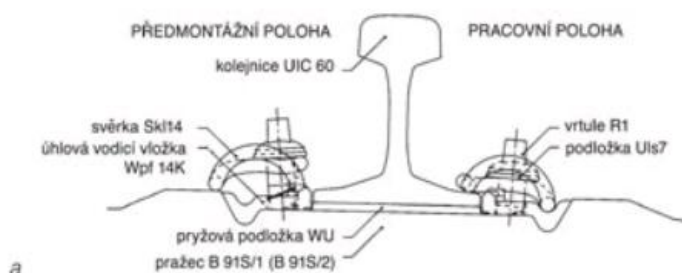
Typ lepidla: Firma CDM, držebnost 0,86MPa a 1,61MPa (minimum je 0,5MPa dle EN)



Obr. 6 Ukázka pražce s podpražcovou podložkou

3.3 Upevnění pražců

Upevnění na pražcích zajišťovalo upevnění typu W 14 pro pružnou ložnou plochu (tj. pro pružnou podložku) a zpružené upevnění kolejnic E 14 pro železobetonový pražec.



Obr. 7 Pružné upevnění pražců [5]

3.4 Kolejové lože

Jako kolejové lože bylo použito kamenivo fr. 32-63, tzv. makadam.

Kamenivo typu: - granit

- čedič

- znělec

Odolnost proti: - mrazu

- vodě

- drcení hran, apod.

Minimální tloušťka: - betonové pražce – 350 mm

- dřevěné pražce – 300 mm

- ocelové pražce – 350 mm

4. Vlastní měření

4.1 Měření posunů v úseku Havlíčkův Brod a Planá

4.1.1 Snímače posunů v oblasti Havlíčkův Brod - Okrouhlice

Měření v Havlíčkově Brodě probíhalo ve staničení km 224,925 na koleji č. 1, 2 na pražcích bez a s podpražcovými podložkami.

Snímače posunutí byly umístěny na koleji tak, aby co nejlépe postihovaly účinky od železničních vozidel, tj. lokomotivy a vagonů. Celkem bylo použito, alespoň pro úsek Havlíčkův Brod 8 snímačů posunutí, viz obr.:

Rozmístění snímačů posunů (zatlačení) v úseku Havlíčkův Brod – Okrouhlice:

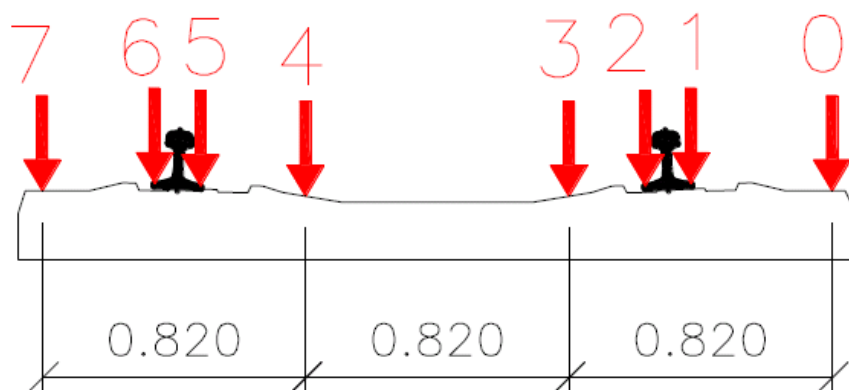
S0 – hlava pražce vpravo

S1, S2 – kolejnice vpravo

S3, S4 – pražec ve třetinách vpravo a vlevo

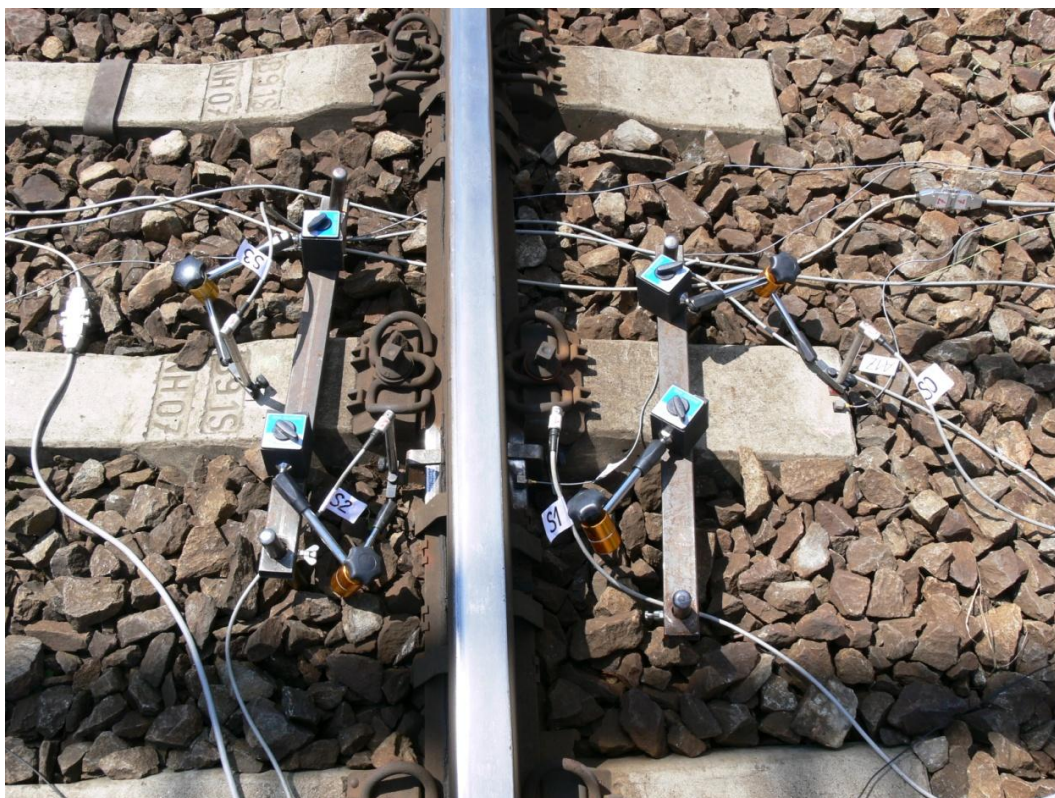
S5, S6 – kolejnice vlevo

S7 – hlava pražce vlevo



↓ SNÍMAČE POSUNUTÍ
X ČÍSLO SNÍMAČE

Obr. 8 Rozmístění snímačů posunutí v úseku Havlíčkův Brod - Okrouhlice



Obr. 9 Rozmístění snímačů v Havlíčkově Brodě



Obr. 10 Vlastní zapojení snímačů pohybu

4.1.2 Snímače posunů v oblasti Planá nad Lužnicí

Měřený úsek s podpražcovými podložkami v Plané nad Lužnicí se nachází ve staničení od km 75, 049 027 – 75,254 082 v délce 205,055m na koleji č. 2, měřený řez km 75,117. Úsek bez podpražcových podložek se nachází na koleji č. 1 v km 74,978.

Snímače posunutí byly umístěny na koleji tak, aby co nejlépe postihovaly účinky od železničních vozidel, tj. lokomotivy a vagonů. Celkem bylo použito, alespoň pro úsek Planá 10 snímačů posunutí pro výhybku a 8 snímačů pohybu pro přímý úsek, viz Obr. 11:

Rozmístění snímačů posunutí na úseku Planá nad Lužnicí – výhybka:

S0 – S9 – snímače posunutí umístěné podél srdcovky

Rozmístění snímačů posunutí na úseku Planá nad Lužnicí – přímý úsek:

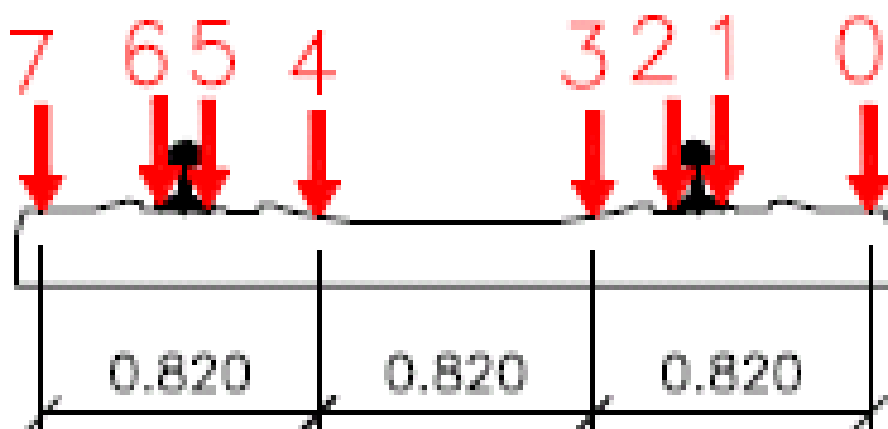
S0 – hlava pražce vpravo

S1, S2 – kolejnice vpravo

S3, S4 – pražec ve třetinách vpravo a vlevo

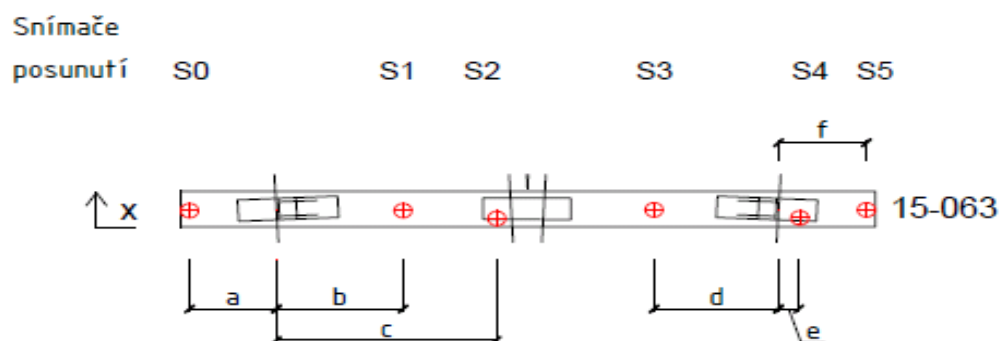
S5, S6 – kolejnice vlevo

S7 – hlava pražce vlevo



↓ SNÍMAČE POSUNUTÍ
X ČÍSLO SNÍMAČE

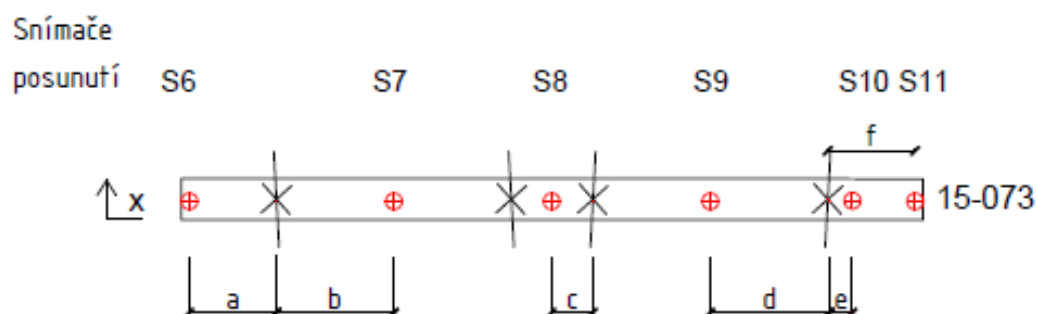
Obr. 11 Rozmístění snímačů v oblasti Planá nad Lužnicí



Obr. 12 Přehled umístění snímačů na pražci 15-063 ve výhybce

Pražce dl. 4,0 m 15-063	Snímač posunutí – míry v mm											
	0		1		2		3		4		5	
	a	x	b	x	c	x	d	x	e	x	f	x
Výhybka č. 11	380	135	755	135	1305	20	765	135	115	20	380	135
Výhybka č. 12	380	135	755	135	1305	240	765	135	115	235	380	135

Tab. 1 Parametry umístění snímačů posunutí na pražci dl. 4,0m



Obr. 12 – Rozmístění snímačů na pražci 15-073

Obr. 13 Přehled umístění snímačů na pražci 15-073

Pražce dl. 4,5 m 15-073	Snímač posunutí – míry v mm											
	6		7		8		9		10		11	
	a	x	b	x	c	x	d	x	e	x	f	x
Výhybka č. 11	380	135	760	135	120	20	750	135	95	235	360	135
Výhybka č. 12	380	135	760	135	120	20	750	135	95	235	360	140

Tab. 2 Parametry umístění snímačů posunutí na pražci dl. 4,5m

4.2 Měření vibrací v úseku Havlíčkův Brod a Planá

4.2.1 Měření vibrací v oblasti Havlíčkův Brod – Okrouhlice

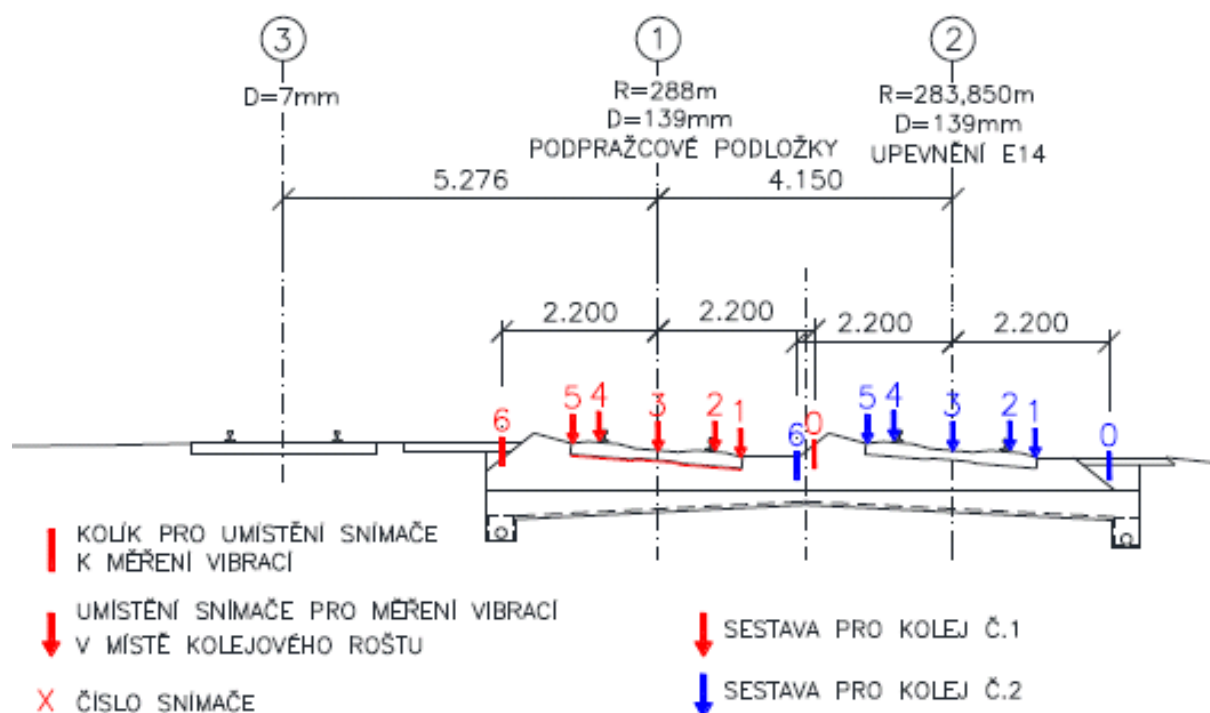
Měření zrychlení vibrací v lokalitě Havlíčkův Brod probíhaly na stejném řezu jako měření posunů, a to konkrétně v km 224,925. Snímače zrychlení vibrací byly vhodně umístěny tak, aby co nejlépe postihovaly účinky od vlakových souprav.

Snímače jsou umístěny v následujících bodech:

- na obou kolejnicích (č. 1 + č. 2)
- na obou hlavách betonových pražců
- ve středu pražce
- na kolíku zatlučeném do kolejového lože ve vzdálenosti od osy koleje odpovídající na patě kolejového lože, tj. 2,2m

Snímače zrychlení jsou umístěny buď na kolejovém roštu, ať již na kolejnici či pražci, tak na měřicích ocelových kolících dl. 30cm.

K měření zrychlení vibrací byly použity piezoelektrické snímače zrychlení:

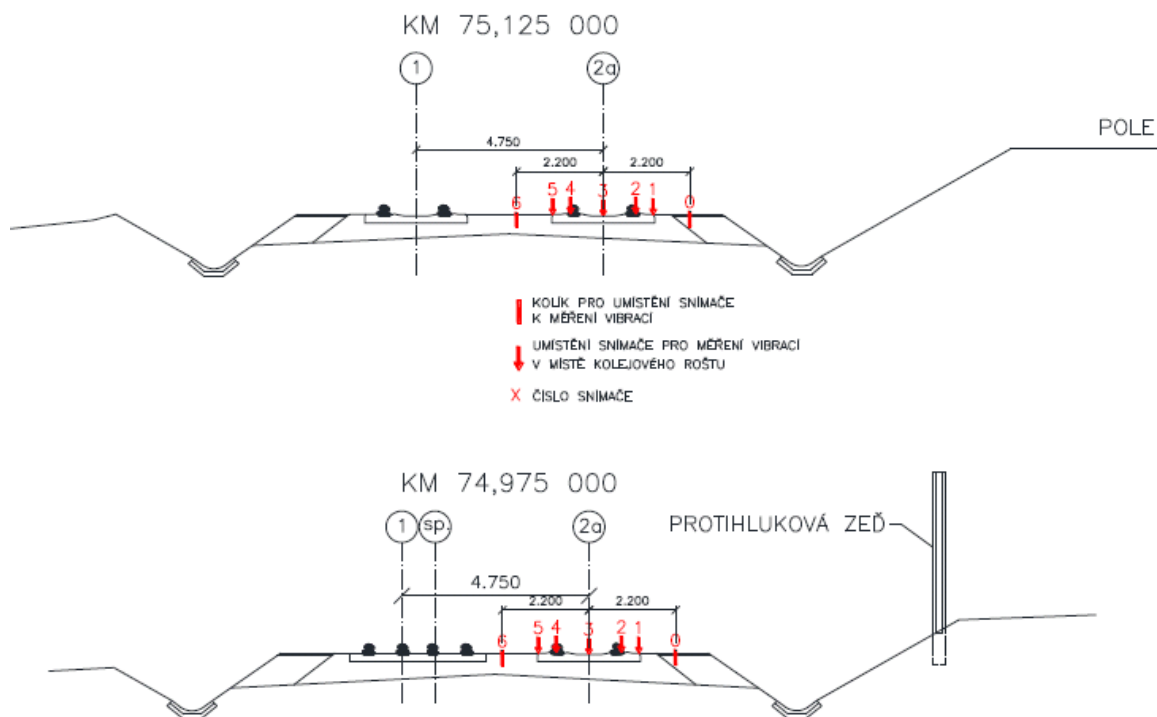


Obr. 14 Rozmístění snímačů zrychlení vibrací pro úsek Havlíčkův Brod – Okrouhlice v řezu km 224,925

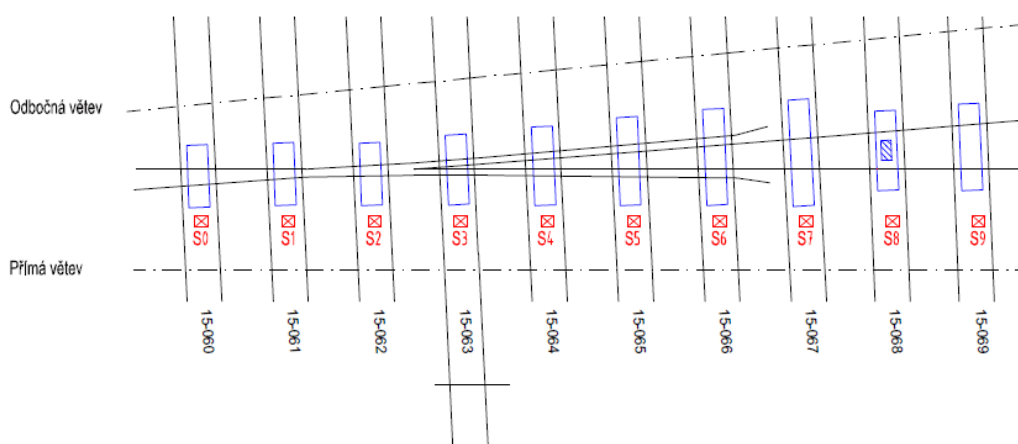
4.2.2 Měření vibrací v oblasti Planá nad Lužnicí

Snímače jsou umístěny v následujících bodech:

- na obou kolejnicích (č. 1 + č. 2)
- na obou hlavách betonových pražců
- ve středu pražce
- na kolíku zatlučeném do kolejového lože ve vzdálenosti od osy koleje odpovídající na patě kolejového lože, tj. 2,2m



Obr. 15 Umístění snímačů zrychlení vibrací v úseku Planá nad Lužnicí



Obr. 16 Rozmístění snímačů posunů, zrychlení vibrací podél srdcovky výhybky J60 – 1:12 – 500 – I



Obr. 17 Rozmístění snímačů posunutí podél srdcovky výhybky J60 – 1:12 – 500 – I

5. Metody měření veličin posunutí a zrychlení vibrací

5.1 Posunutí:

Jako první veličiny byly měřeny na železničních úsecích posuny. Byly vybírány hodnoty, které jsou charakteristické pro danou měřenou část železničního svršku, viz kapitola 4.1 Měření posunů v úseku Havlíčkův Brod a Planá. Po prozkoumání grafů posunů jsou ve většině úseků nejvyšší posuny především pod lokomotivami, které mají daleko vyšší hmotnost než vagony.

Pro účely měření byla použita měřicí ústředna Dewetron – DEWE – 2502, s použitými snímači WA – T/10mm (výrobce HBM) s rozsahem 10mm (viz Obr. 19). Dále jsem v následující kapitole popsal způsob měření, vybrané hodnoty, osazení snímačů apod.

5.1.1 Způsob měření

Pro účely měření byly na základě předchozích měření stanoveny řezy, ve kterých probíhaly měření. Pro Havlíčkův Brod to byl řez v km 224,925, který je 125m od začátku úseku s podpražcovými podločkami tak, aby měření nebylo ovlivněno úsekem bez podpražcových podložek, pro Planou nad Lužnicí byly řezy voleny ve staničení v km 75,117 s USP a v km 74,978 bez USP.

Co se týče snímačů, ty byly uchyceny do plastových držáků firmy Brüel&Kjær. Plastové držáky byly na měřená místa přilepeny vteřinovým lepidlem. Před přilepením se sledované místo očistilo od nečistot a rzi. Snímač typu 752A13 byl přímo našroubován na měřicí kolík. Ohledně parametrů měření pro zrychlení vibrací: vzorkovací frekvence 10kHz, dolní propust filtru 1kHz, horní propust filtru 1Hz.

5.1.2 Měřicí ústředna

K měření posunů (zatlačení) byla použita měřicí ústředna Dewetron – DEWE – 2502.



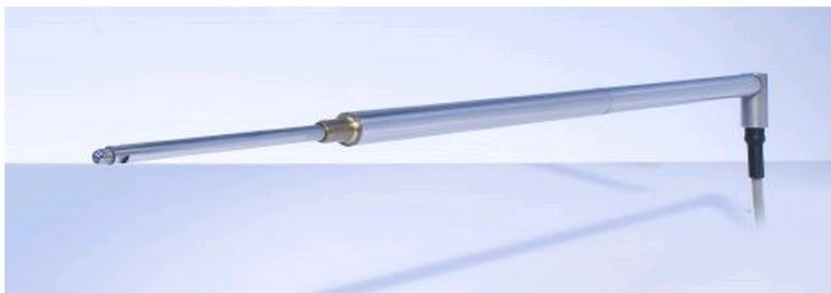
Obr. 18 Měřicí ústředna DEWE – 2502

5.1.3 Použité snímače

K měření vlastních posunů (zatlačení) železobetonových prážců do kolejového lože byly použity snímače typu WA – T/10mm (výrobce HBM) s rozsahem 10mm. Celkem bylo použito pro měření posunů 8 snímačů.

Znaménková konvence posunů:

- + zatlačení pražce či kolejnice směrem dolů
- odpružení pražce či kolejnice směrem nahoru



Obr. 19 Snímač pohybů typu WA-T/10mm [6]

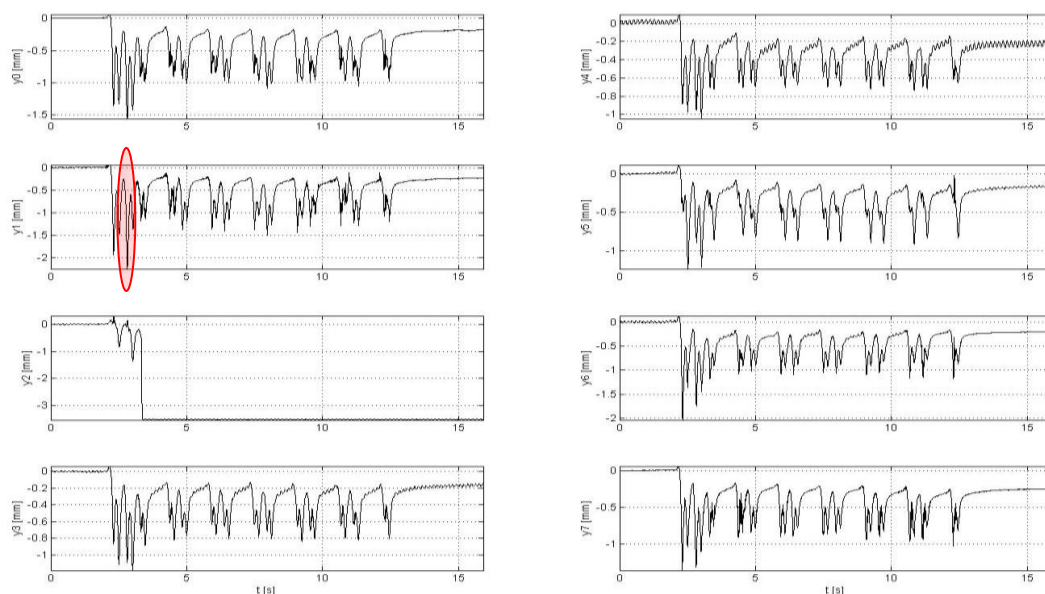
Parametry snímačů zrychlení:

Typ snímače	Citlivost [mV · m.s ⁻²]	Frekvenční rozsah [Hz]	Hmotnost [g]	Max. zrychlení [m.s ⁻²]
4507 B001	1	0,1 – 6 000	5	7 000
4507 B004	10	0,3 – 6 000	5	700
4506	10	1 - 6000	15	700
752A13	100	0,1 – 1 000	20	50
Typ snímače	Citlivost [mV · m.s ⁻²]	Frekvenční rozsah [Hz]	Hmotnost [g]	Max. zrychlení [m.s ⁻²]
4326 - nábojový	0,3	1 – 10 000	10	30 000

Tab. 3 Parametry snímačů zrychlení

5.1.4 Hodnocení měření

Pro účely měření byly zaznamenány grafy posunů v závislosti na čase. Podle grafu lze dále vypozorovat hnací jednotku, čili lokomotivu a vagony. Pro posouzení grafů jsem bral v potaz maximální posuny, resp. lokální minima, které se většinou nacházely pod lokomotivou, ať již u první nebo druhé nápravy, viz obr.:



Obr. 20 Příklad grafu pro vyhodnocení lokálních minim

Snímač S0:
t0_max= 2.1518 y0_max= 0.060528
t0_min= 2.8182 **y0_min= -1,5556**
Snímač S1:
t1_max= 2.1384 y1_max= 0.063944
t1_min= 2.8182 **y1_min= -2,2527**
Snímač S2:
t2_max= 2.3168 y2_max= 0.30632
t2_min= 6.0838 **y2_min= -3,5316**
Snímač S3:
t3_max= 2.1602 y3_max= 0.062823
t3_min= 3.0144 **y3_min= -1,183**

Snímač S4:
t4_max= 2.2 y4_max= 0.098773
t4_min= 3.0104 **y4_min= -1,0471**
Snímač S5:
t5_max= 2.1864 y5_max= 0.11584
t5_min= 2.5152 **y5_min= -1,2366**
Snímač S6:
t6_max= 2.1726 y6_max= 0.12947
t6_min= 2.32 **y6_min= -2,0338**
Snímač S7:
t7_max= 2.1604 S7_max= 0.060959
t7_min= 2.3074 **y7_min= -1,3524**

Pro tento typ grafu jsem si vybral posunutí pod lokomotivou pro druhou nápravu, protože tam jsou posuny největší. Tyto grafy lze samozřejmě řešit/popsat i jinak, avšak pro diplomovou práci jsem si zvolil jako řešení lokální minimum, která jsou většinou pod lokomotivou.

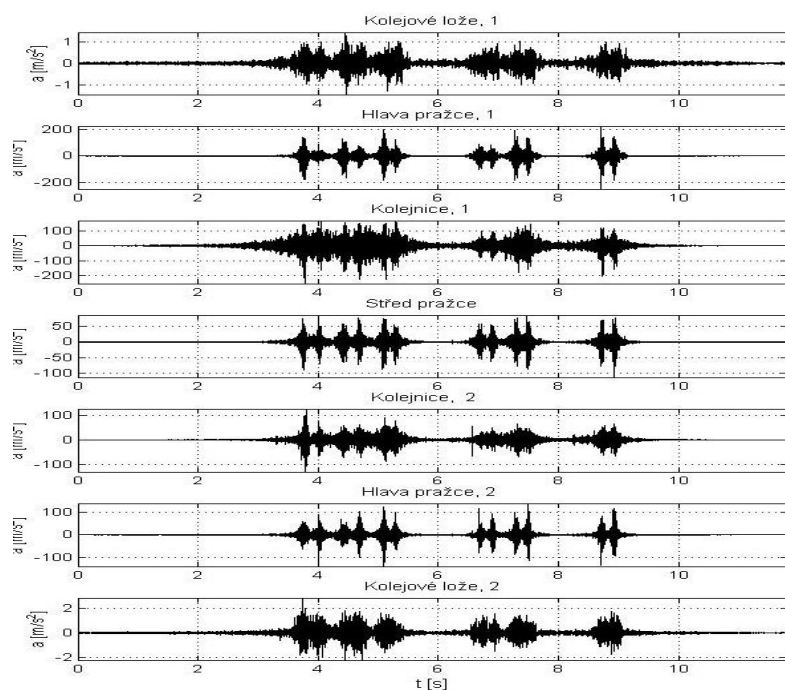
5.2 Zrychlení vibrací v časové oblasti

Pro porovnání grafů zrychlení vibrací v časové oblasti bylo použito několik snímačů zrychlení. Byly umístěny pod kolejovým ložem, na hlavách pražců, na kolejnicích a na středu pražce.

Byly měřeny zrychlení při průjezdu vlakové soupravy a následně převedeny do použitelných grafů.

Tyto grafy ukazují na kmitání jednotlivých konstrukčních prvků při průjezdu vlakové soupravy. Zrychlení vibrací probíhá v intervalech od řádově 1 m/s^2 do 1000 m/s^2 .

Ukázka grafu zrychlení vibrací v časové oblasti:

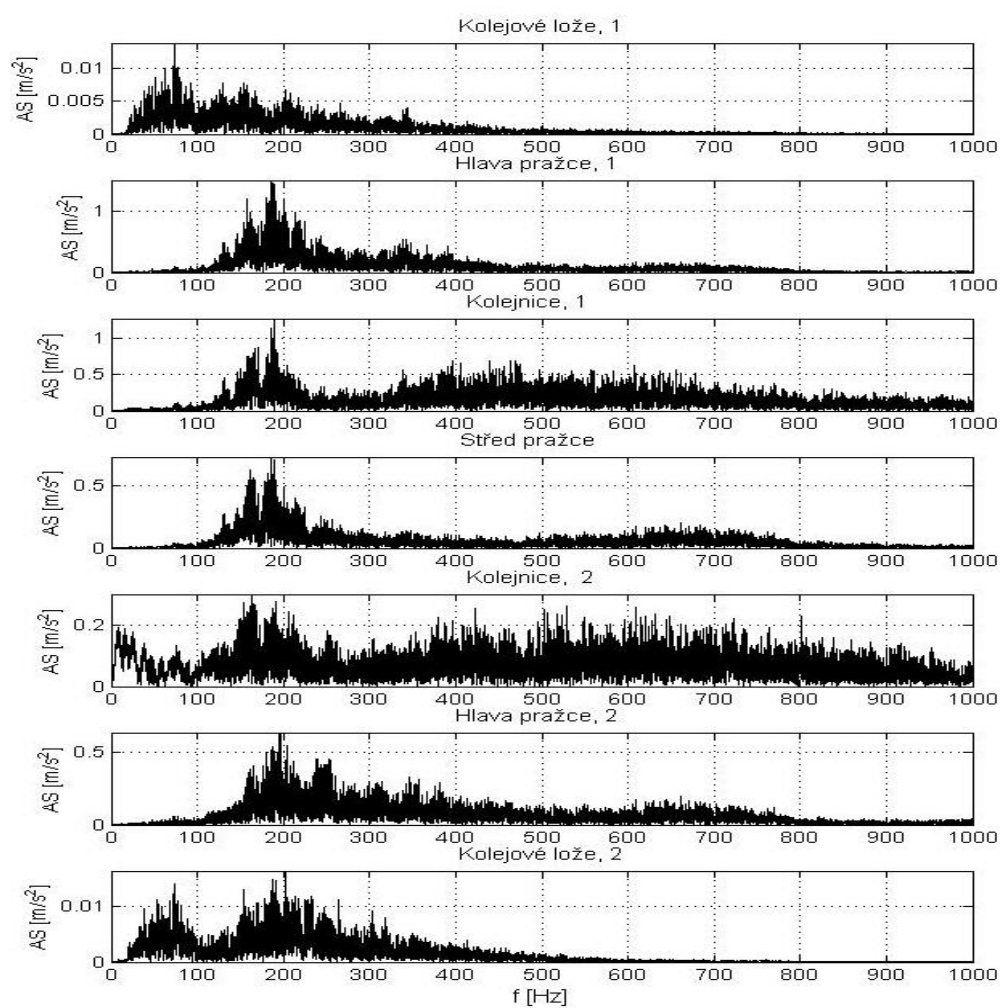


Obr. 21 Ukázka grafu zrychlení vibrací v časové oblasti

5.3 Zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti

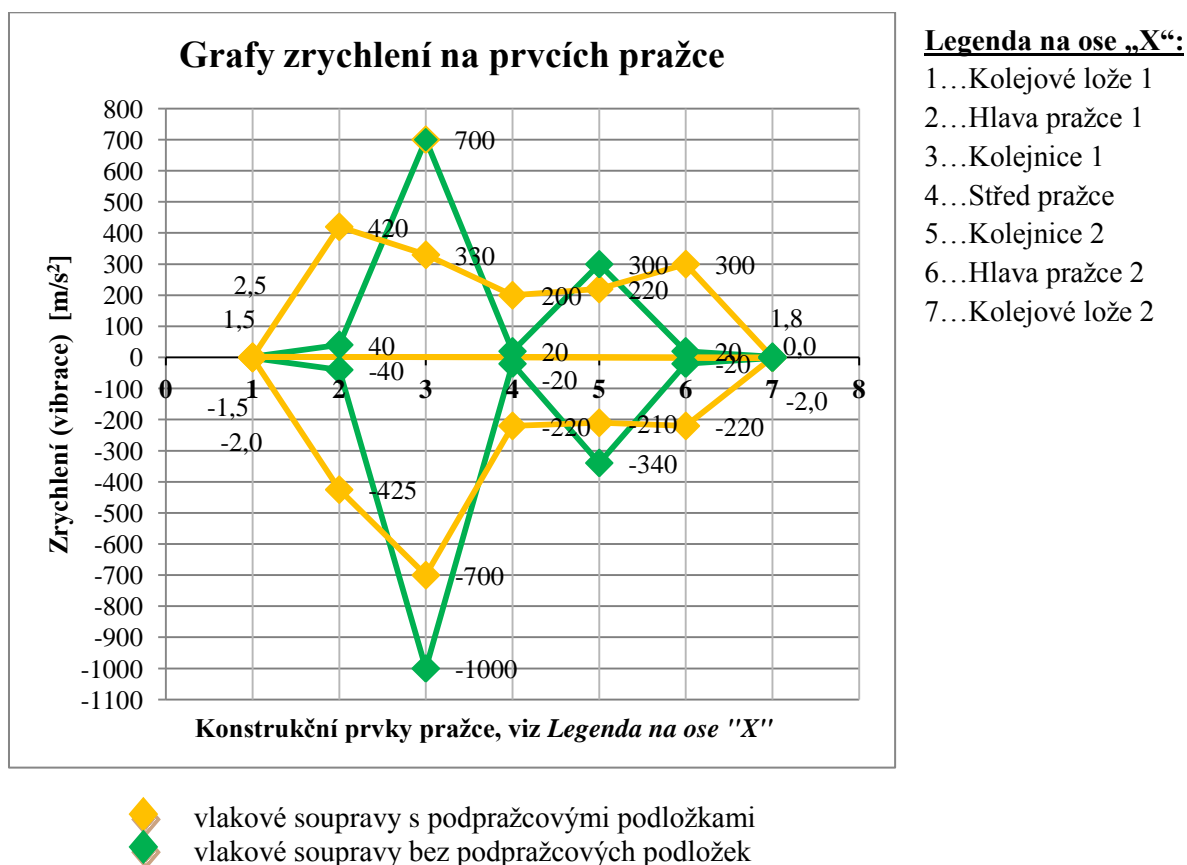
Pro porovnání grafů zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti bylo použito několik snímačů zrychlení, které byly umístěny pod kolejovým ložem, na hlavách pražců, na kolejnicích a na středu pražce. Zrychlení vibrací byly měřeny při průjezdu vlakové soupravy a následně převedeny do použitelných grafů. Tyto grafy ukazují na kmitání jednotlivých konstrukčních prvků železničního svršku při průjezdu dané vlakové soupravy. Frekvenční oblast je rozdělena na frekvence od 0 do 1000 (resp. 2000) Hz, kde pro „každý jednotlivý“ Herz bylo naměřeno určité zrychlení vibrací v m/s^2 . Dané zrychlení probíhá v intervalech od 0 do 10 m/s^2 především, oproti měření zrychlení v časové oblasti, jsou nejvyšší hodnoty převážně pod hlavou pražce 1.

Ukázka grafu zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti:



Obr. 22 Ukázka grafu zrychlení vibrací v časové oblasti

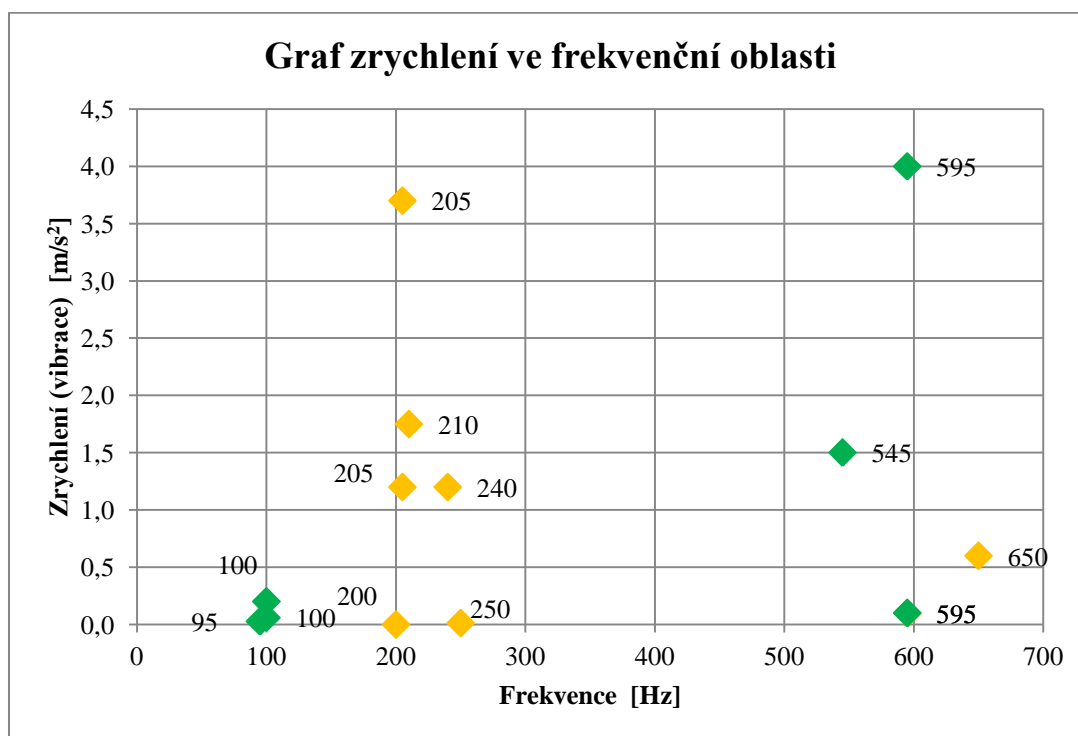
5.4 Grafy zrychlení na prvcích pražce





Obr. 23 Grafy zrychlení na prvcích pražce

Pro vyhodnocení grafů zrychlení na prvcích pražce (pro časovou oblast) jsem použil hodnocení maximálních zrychlení vibrací na jednotlivých konstrukčních prvcích pražce, viz *legenda na ose „X“*, která se nachází vedle grafu. Pro grafy zrychlení jsem vybral lokální maxima a minima na jednotlivých konstrukčních prvcích pražce, jako je kolejové lože, hlava pražce, apod. a zanesl je následně do grafu. Spojnice bodů jsou pouze informativní, nemají žádnou vypovídající hodnotu. Dle mého názoru je toto řešení líbivější.

5.5 Grafy zrychlení ve frekvenční oblasti



-  vlakové soupravy s podpražcovými podločkami
 vlakové soupravy bez podpražcových podložek

Obr. 24 Grafy zrychlení ve frekvenční oblasti

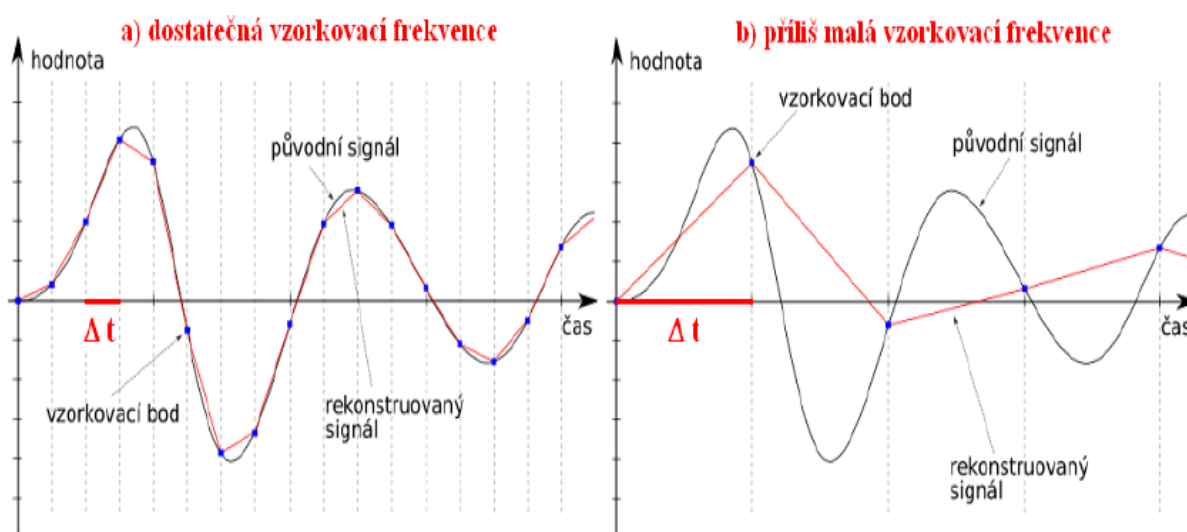
Pro vyhodnocení grafů zrychlení ve frekvenční oblasti jsem hodnotil maximální zrychlení vibrací a k tomu hodnotu frekvence, pro které je dané zrychlení maximální. Všechny hodnoty zrychlení jsou maximální hodnoty zrychlení pro všechny typy vlakových souprav pro danou oblast, např. pro Havlíčkův Brod či pro Planou nad Lužnicí. Vždy jsem vybíral maximální hodnotu zrychlení a k tomu příslušnou hodnotu frekvence ν [Hz].

6. Popis signálů v časové a frekvenční oblasti

6.1 Vzorkovací frekvence

Jde o souvislost s časovým intervalem Δt , po kterém měřená data snímáme (vzorkujeme). Obvykle se používá periodického vzorkování, kde časový interval mezi dvěma následujícími vzorky je konstantní a nazývá se perioda vzorkování Δt resp. vzorkovací frekvence $f_{vz} = 1/\Delta t$.

Vzorkovací frekvence musí být nejméně dvakrát vyšší, než největší frekvence obsažená v signále, kterou chceme znát (měřit) $f_{vz} > 2f_{max}$ a to proto, aby šlo zpětně z naměřených hodnot dobře rekonstruovat původní signál. Pokud nebude vzorkovací frekvence dostatečně velká, dojde k tzv. **aliasing efektu**, což způsobí, že rekonstruovaný signál nebude odpovídat původnímu (budeme měřit něco jiného, než se ve skutečnosti děje).



Obr. 25 Vzorkovací frekvence [7]

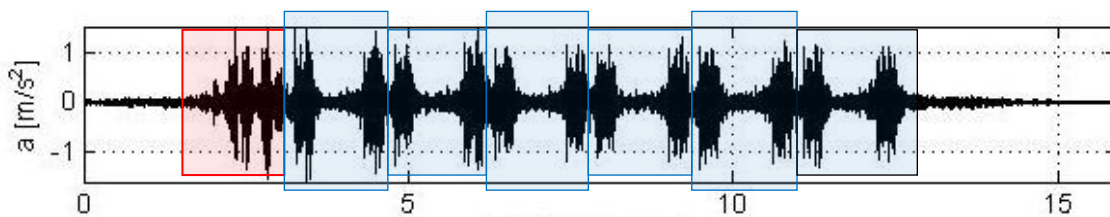
6.2 Popis signálu v časové oblasti

V časové rovině můžeme měřený signál popsat většinou pouze popisem průběhu měřené veličiny a dále v podstatě statisticky, případně pomocí dalších parametrů.

Signály v časové oblasti můžeme pospat několika veličinami:

- **minimální (maximální) amplituda** – znázorňuje přítomnost peaku (špičky)
- **maximální rozkmit** – minimální a maximální hodnota
- **střední hodnota (Average)** – zprůměrování absolutních hodnot časového průběhu signálu
- **efektivní hodnota RMS (Root Mean Square, efektivní hodnota)** – pro hodnocení signálů v časové oblasti je tato hodnota nejdůležitější

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} * \int_0^T x^2(t) * dt} \quad , \text{ kde je } T \text{ perioda a } x(t) \text{ signál v časové rovině } [7]$$

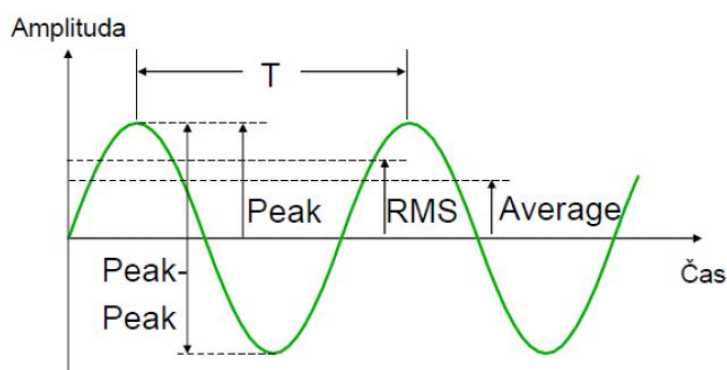


Obr. 26 Příklad signálu v časové oblasti

Popis grafu v časové oblasti:

Na tomto grafu lze vidět i počet náprav, takže můžeme definovat, kolik náprav projelo daným měřeným úsekem a která náprava vyvolala největší zrychlení vibrací v časové oblasti. Pro tento konkrétní graf lze vyhodnotit, že daná vlaková souprava je složena z lokomotivy a 6 vagonů.

Popis časového signálu



$$RMS = \frac{Peak}{\sqrt{2}} = 0,707 Peak$$

$$Average = \frac{2Peak}{\pi} = 0,637 Peak$$

$$Crest Factor = \sqrt{2} = 1,414$$

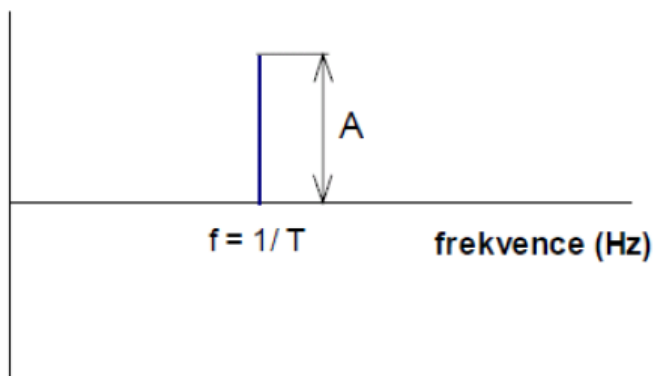
Obr. 27 Popis časového signálu

6.3 Popis signálu ve frekvenční oblasti

Klasická frekvenční analýza je založena na matematickém teorému (Fourier), že každá periodická křivka může být určena jako součet sinusových křivek, které jsou harmonickými složkami daného průběhu:

$$f(t) = A_0 + A_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 \sin(\omega t + \varphi_2) + \dots \quad [7]$$

$A_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$; $A_2 \sin(\omega t + \varphi_2)$...harmonická složka



Frekvenční oblast

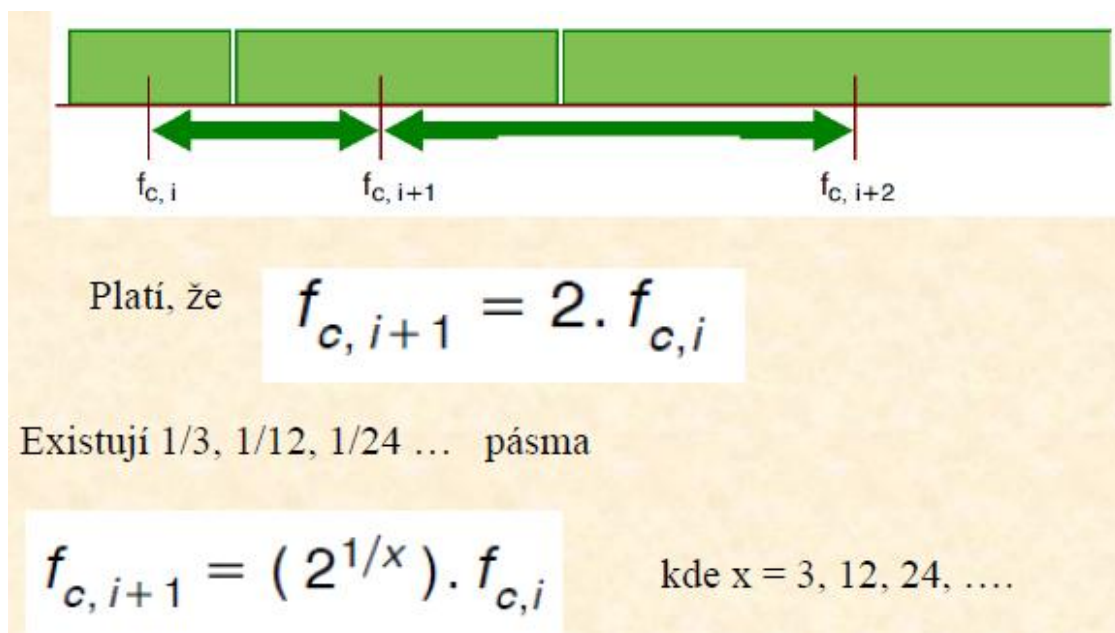
Obr. 28 Popis analýzy frekvenční oblasti

Frekvenční analýzou signálů rozumíme postupy, které umožňují určení spektra nebo spektrální (výkonové) hustoty měřených signálů. Nejpoužívanější metodou je přímá aplikace Fourierovy transformace:

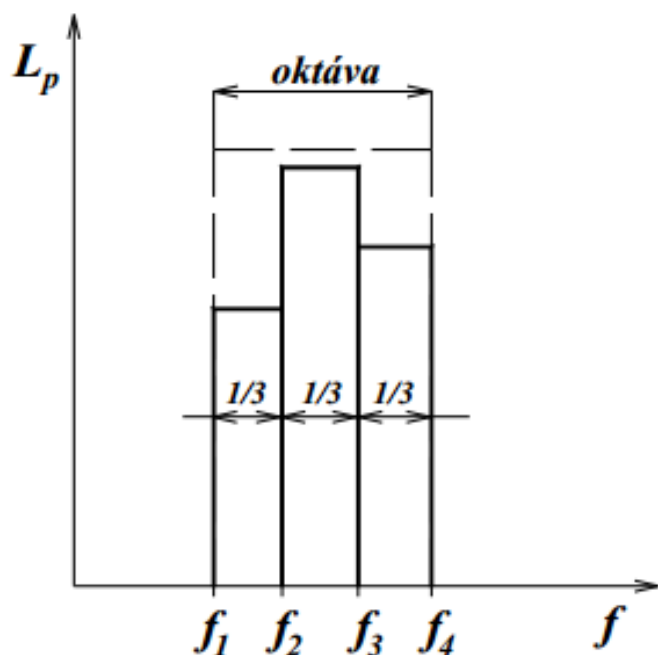
$$\mathbf{X}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{x}(t) * e^{-j2\pi ft} * dt \quad [7]$$

kde f je frekvence, t čas, $\mathbf{x}(t)$ signál v časové oblasti a $\mathbf{X}(f)$ je jeho reprezentace ve frekvenční oblasti, j je imaginární jednotka

6.4 Třetinooktávová analýza



Obr. 29 Ukázka třetinooktávového spektra (způsobu řešení)

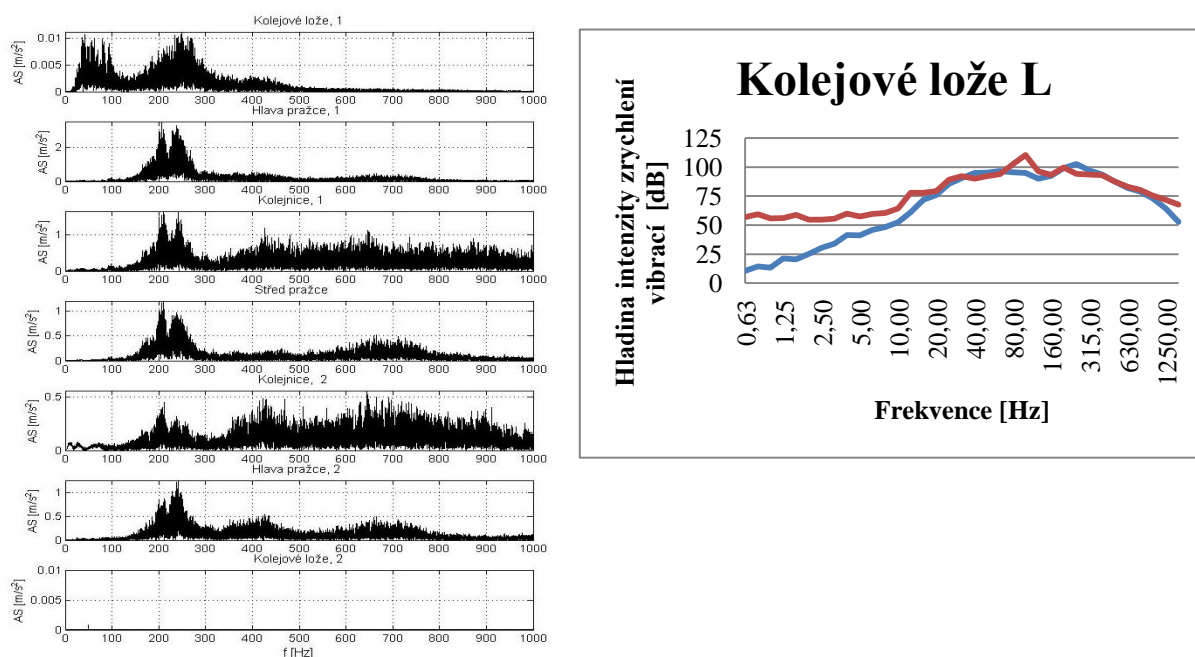


Obr. 30 Příklad třetinooktávové analýzy, rozbor oktávy [8]

Pro zjednodušení grafů zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti slouží i třetinooktávová analýza, která zjednodušuje ukázkou grafů zrychlení vibrací oproti frekvenční analýze. Veškeré hodnoty zrychlení vibrací jsou převedeny do hladiny zrychlení vibrací, dle následujícího vzorce:

$$L_a = 20 * \log (a/a_0)$$

kde **a** je zrychlení vibrací v $[m/s^2]$, **a₀** je vztažná hodnota, pro zrychlení vibrací je **a₀** = $1 \cdot 10^{-6} [m/s^2]$



Obr. 31 Převedení frekvenční analýzy do hladiny intenzity zrychlení

7. Výstupy z měření – oblast Havlíčkův Brod – měření posunů

7.1 Měření posunů bez a s podpražcovými podložkami:

Měření probíhalo na dvou úsecích, tj. na úsecích bez a s podpražcovými podložkami. Tyto úseky se následně vyhodnocovaly tak, abychom získali relevantní data posunů, a abychom prokázali, zdali jsou úseky s podpražcovými podložkami užitečné. Mezi předpokládané vlastnosti pražců s podpražcovými podložkami můžeme řadit rovnoměrnější namáhání pražce spojené s vyšší životností a menším opotřebením. Ke srovnání jsem si vybral dvě vlakové soupravy, které mají podobnou rychlost a složení souprav, tj. lokomotivy, vagony (popř. nákladní vagony). Jelikož se jedná o měření v terénu, nemůžeme bohužel hodnotit dvě naprosto stejné vlakové soupravy s naprosto stejnou rychlostí. Cílem bylo najít co nejbližší pár, abychom mohli porovnávat získaná data, v našem případě posuny, a takto potřebná data vyhodnocovat.

7.2 Rychlíky R – 62km/h s podpražcovými podložkami a R – 57km/h bez podpražcových podložek

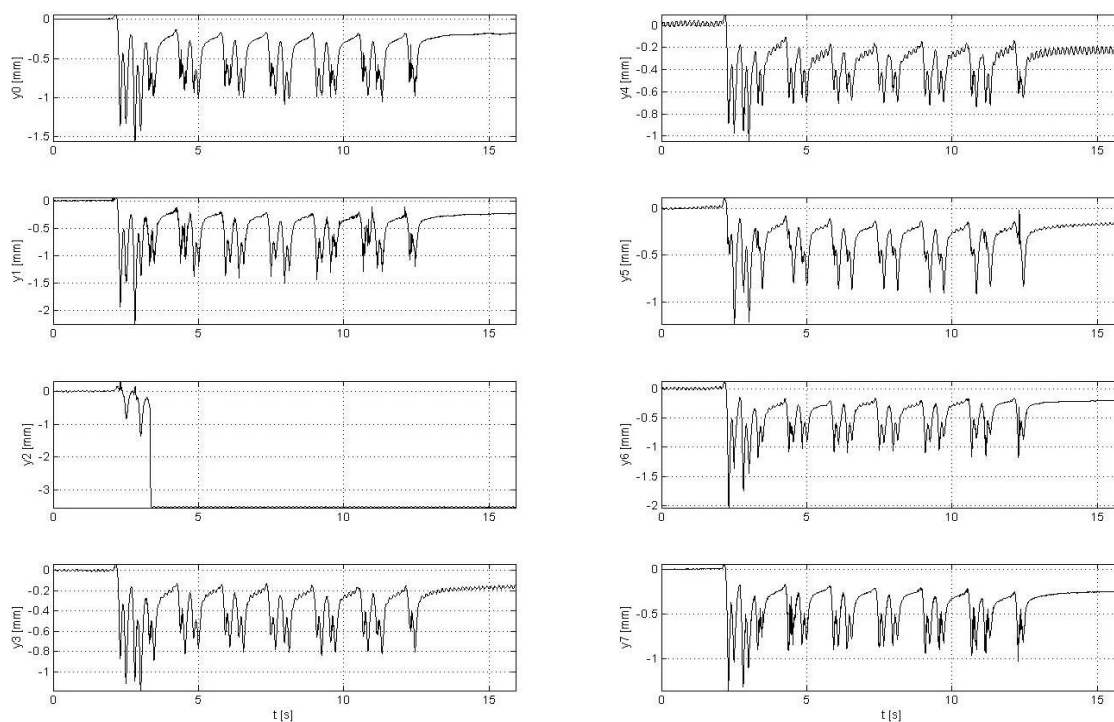
7.2.1 Vlak R, 62km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 62km/h

Oblast: Havlíčkův Brod

Max. posun: 2,25mm



Obr. 32 Posunutí na koleji Havlíčkův Brod pro vlak R, 62km/h

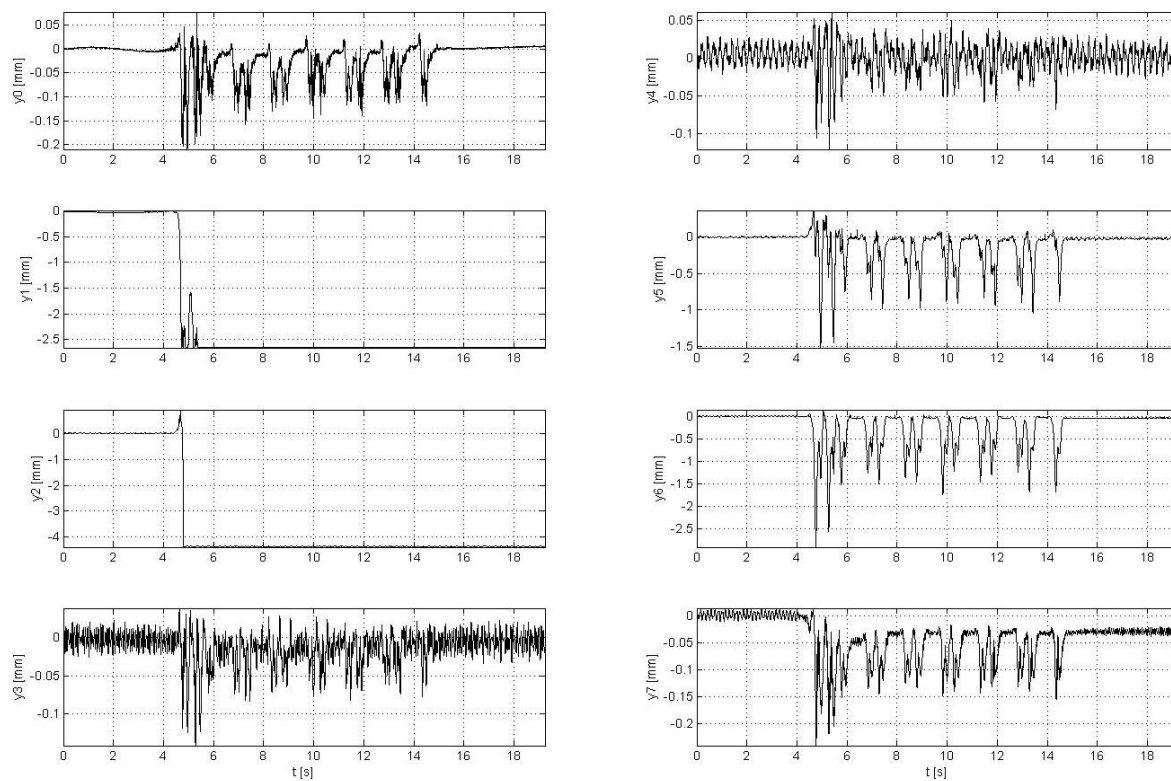
7.2.2 Vlak R, 57km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 57km/h

Oblast: Havlíčkův Brod

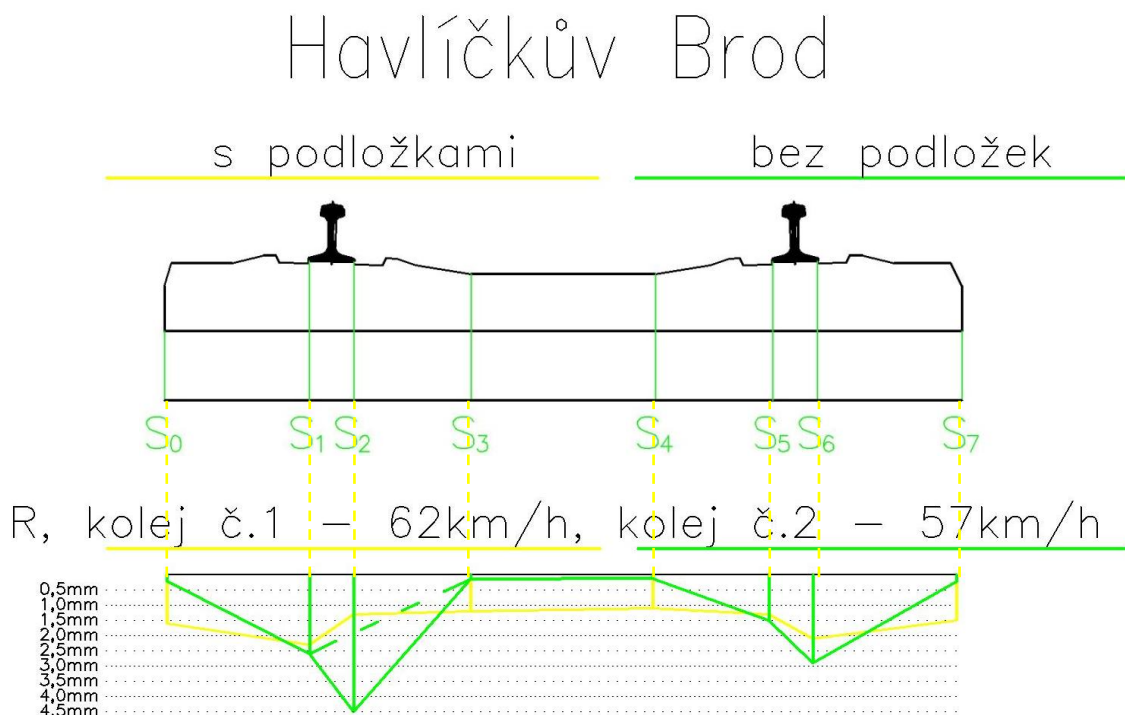
Max. posun: 2,90mm



Obr. 33 Posunutí na koleji Havlíčkův Brod pro vlak R, 57km/h

7.2.3 Srovnání pro rychlíky R – 62km/h a R – 57km/h

S0 – hlava pražce vlevo
S1, S2 – kolejnice vlevo
S3, S4 – pražec ve třetinách
S5, S6 – kolejnice vpravo
S7 – hlava pražce vpravo



Obr. 34 Srovnání posunů pro rychlíky R – 62km/h s podpražcovými podložkami a R – 57km/h bez podpražcových podložek

Popis:

Jak si můžeme povšimnout, posuny jsou rozdílné u obou typů pražců. Co se týče pražců bez podpražcových podložek, je pro ně typické, že největší posuny probíhají právě pod patami kolejnic, kde je pražec, resp. železniční svršek namáhán nejvíce. Ovšem u pražců s podpražcovými podložkami je vidět, že namáhání, resp. posuny působí na pražec rovnoměrněji, tudíž se lze domnívat, že je pražec méně namáhán a mohl by mít vyšší životnost. Můžeme jen hádat, jak dlouho tyto podpražcové podložky vydrží odolávat účinkům od vlakových souprav, resp. účinků pražec – podpražcová podložka – kamenivo. Hrozí zde degradace pružné gumové podložky.

7.3 Osobní vlaky Os – 44km/h s podpražcovými podločkami a Os – 47km/h bez podpražcových podložek

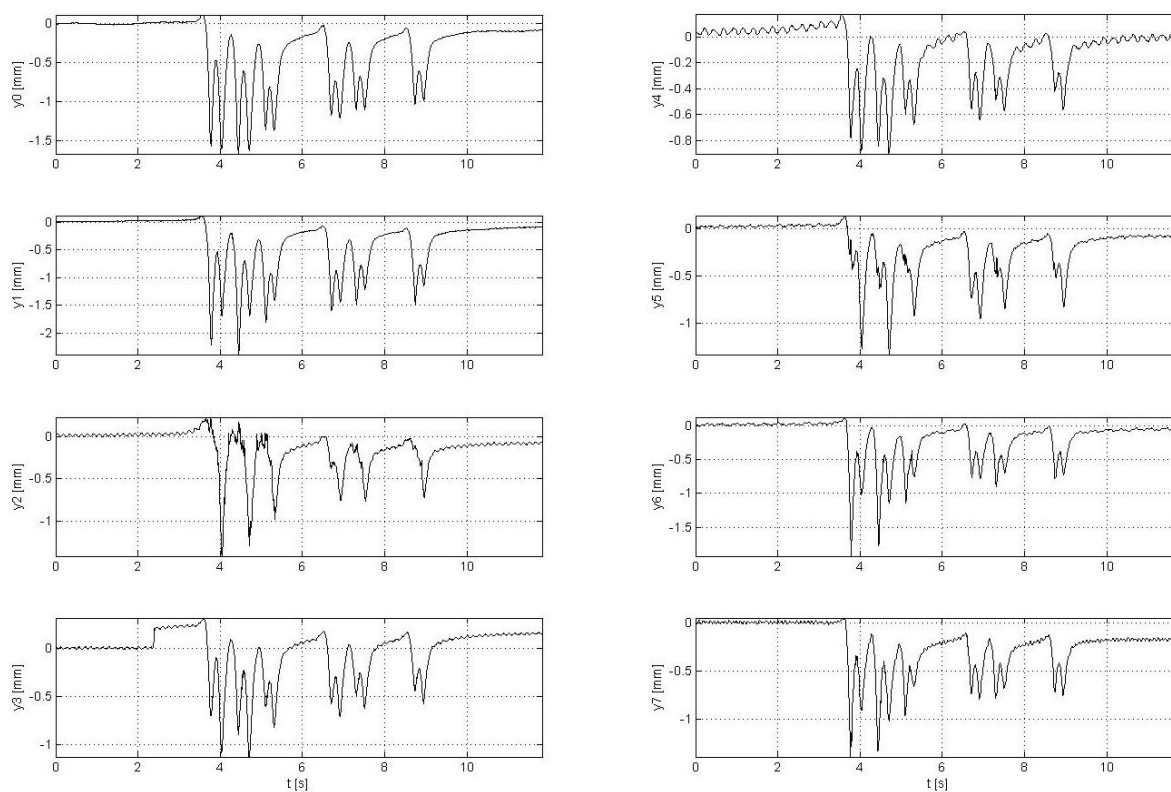
7.3.1 Vlak Os, 44km/h – s podpražcovými podločkami

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 44km/h

Oblast: Havlíčkův Brod

Max. posun: 2,39mm



Obr. 35 Posunutí na koleji Havlíčkův Brod pro vlak Os, 44km/h

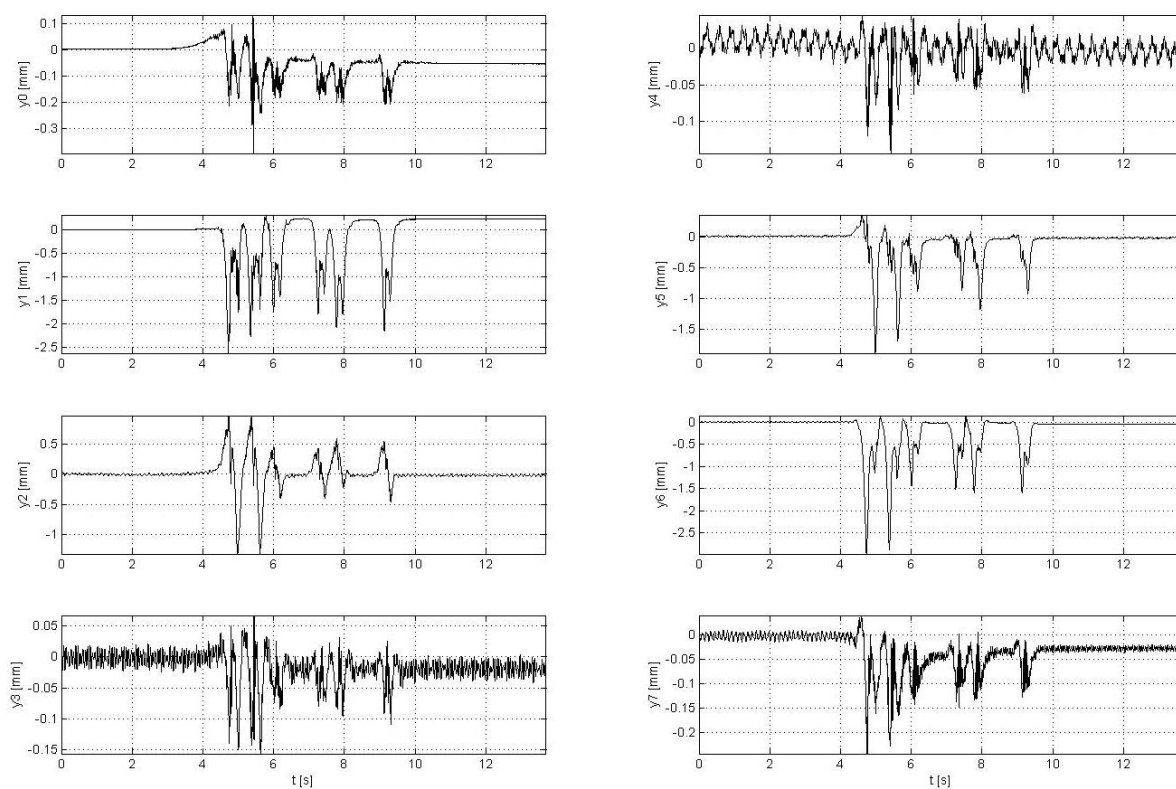
7.3.2 Vlak Os, 47km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 47km/h

Oblast: Havlíčkův Brod

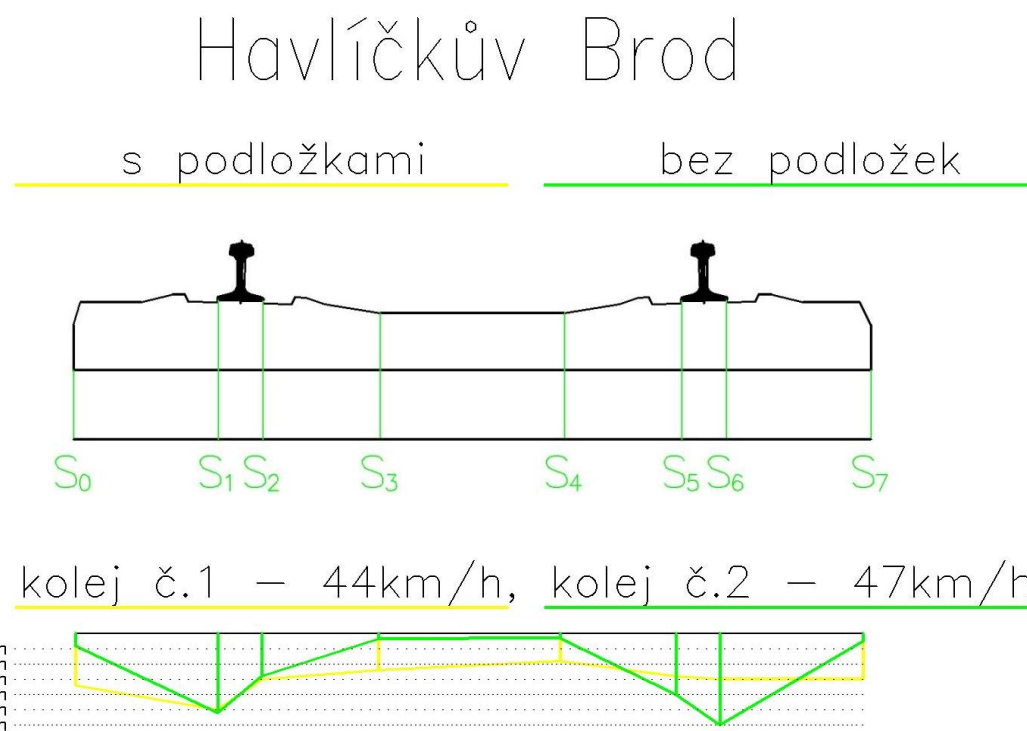
Max. posun: 2,98mm



Obr. 36 Posunutí na koleji Havlíčkův Brod pro vlak Os, 47km/h

7.3.3 Posouzení pro osobní vlaky Os – 44km/h a Os – 47km/h

S0 – hlava pražce vlevo
S1, S2 – kolejnice vlevo
S3, S4 – pražec ve třetinách
S5, S6 – kolejnice vpravo
S7 – hlava pražce vpravo



Obr. 37 Srovnání posunutí pro osobní vlaky Os - 44km/h s podpražcovými podloškami a Os - 47km/h bez podpražcových podlošek

Popis:

Jak si můžeme povšimnout, posuny jsou rozdílné u obou typů pražců. Při nižší rychlosti, oproti rychlostním vlakům, se posuny pro úseky bez a s podpražcovými úseky relativně vyrovnávají, alespoň pro levou část koleje.

Opět je zde vidět rozdíl průběhu posunů na pražcích bez a s podpražcovými podloškami. Můžeme ovšem říci, že jsou posuny na úseku s podpražcovými podloškami rovnoměrněji rozloženy a tudíž můžeme tvrdit, že jsou pražce méně namáhány.

8. Výstupy z měření – oblast Planá – měření posunů

8.1 Rychlíky R – 139km/h s podpražcovými podložkami a R – 128km/h bez podpražcových podložek

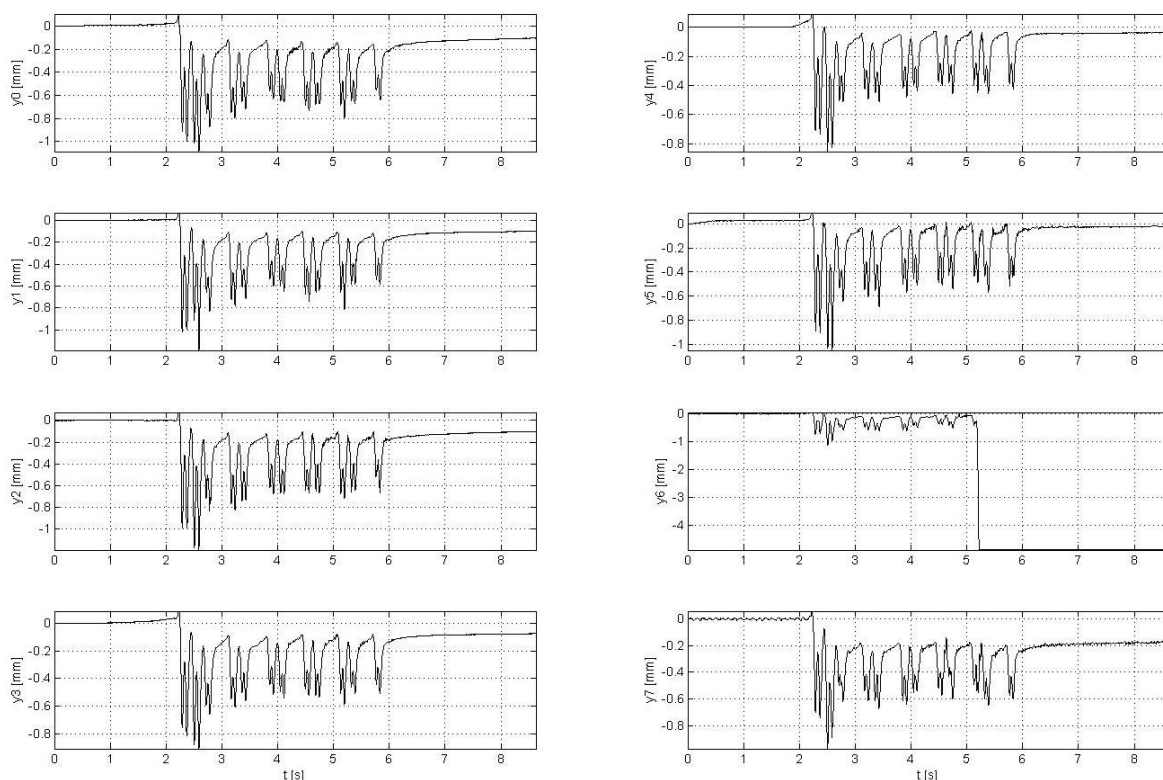
8.1.1 Vlak R, 139km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 139km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 1,20mm



Obr. 38 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 139km/h

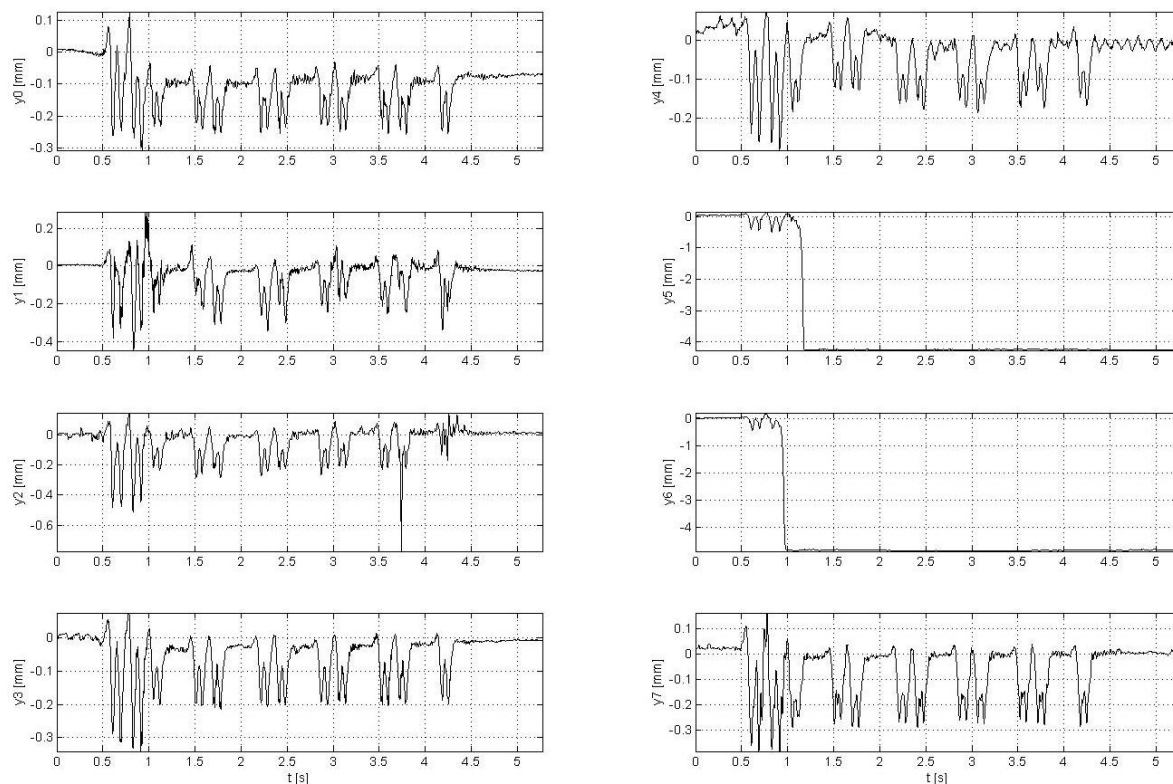
8.1.2 Vlak R, 128km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 128km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 0,50mm

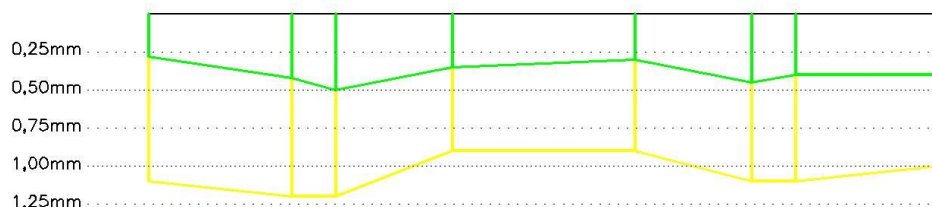


Obr. 39 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 128km/h

8.1.3 Posouzení pro rychlíky R – 139km/h a R – 128km/h

Planá – přímý úsek

R, kolej č.1 – 139km/h, kolej č.2 – 128km/h



Obr. 40 Srovnání posunů pro rychlíky R - 139km/h s podpražcovými podložkami a R - 128km/h bez podpražcových podložek

Popis:

Jak si můžeme povšimnout, posuny jsou rozdílné u obou typů pražců.

Na tomto obrázku jsou posuny větší pro úsek s podpražcovými podložkami, což je dle mého názoru jiný výsledek oproti očekávání. I když pro úsek Havlíčkův Brod byly průběhy posunů pro úseky bez a s podpražcovými podložkami rozdílné, zde lze říci, že tomu tak není. Na tomto obrázku jsou hodnoty posunů poměrně vyrovnané, avšak hodnoty bez a s podpražcovými podložkami se liší.

Hodnoty posunů pro úseky bez podpražcových podložek jsou na hodnotě cca 40% oproti úseku s podpražcovými podložkami.

8.2 Rychlíky R – 118km/h s podpražcovými podložkami a R – 120km/h bez podpražcových podložek

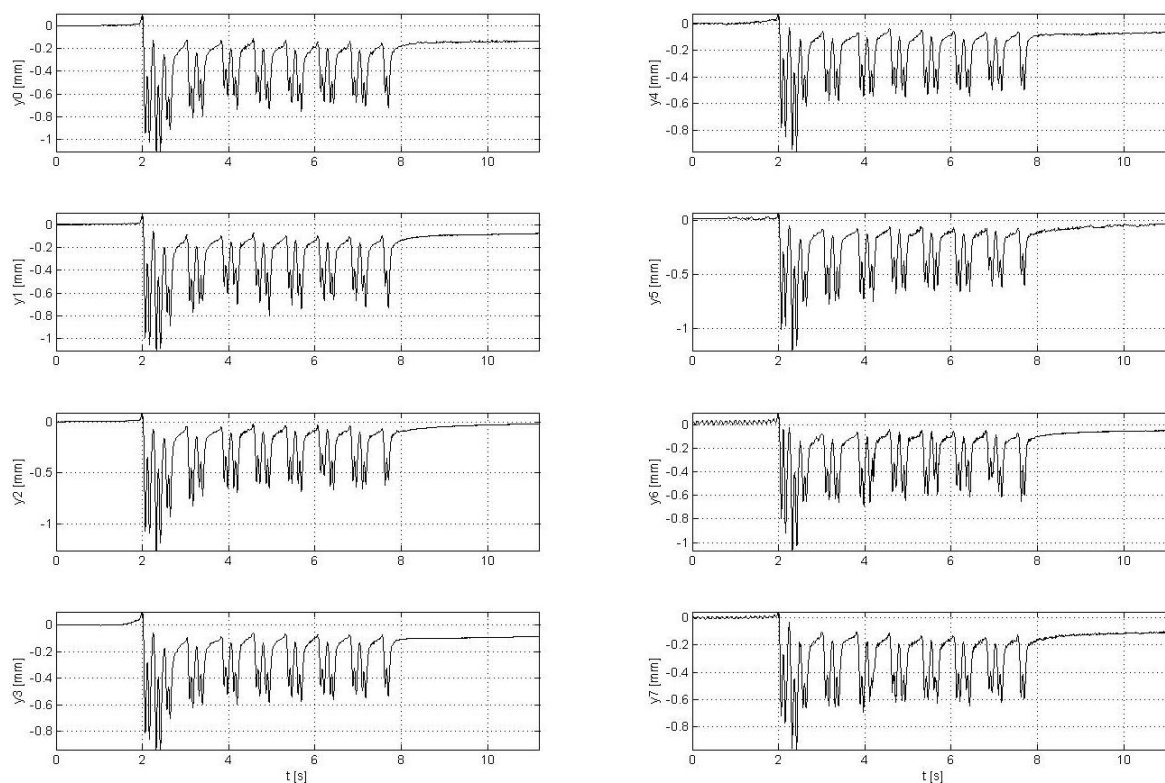
8.2.1 Vlak R, 118km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 118km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 1,26mm



Obr. 41 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 118km/h

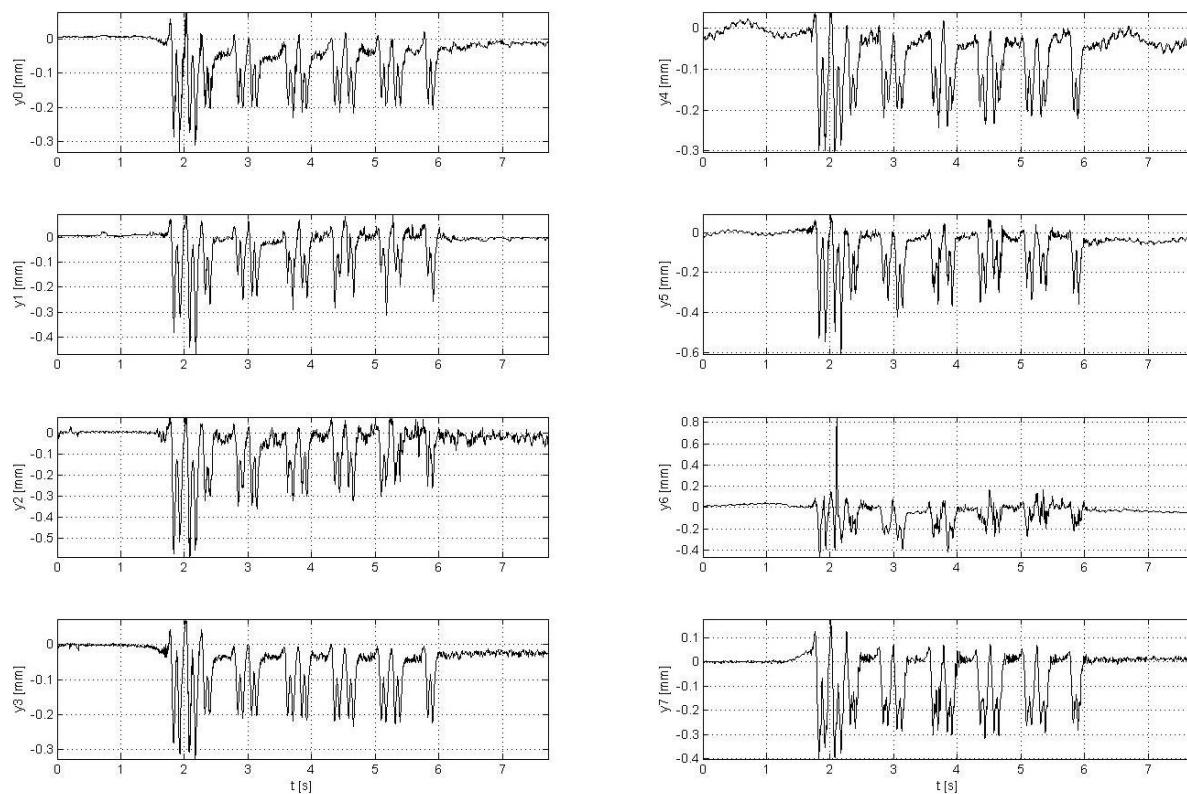
8.2.2 Vlak R, 120km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 120km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 0,61mm

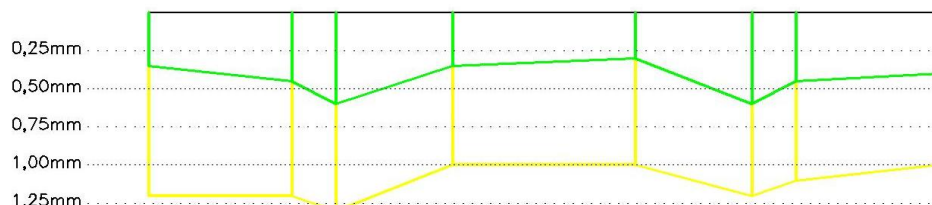


Obr. 42 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 120km/h

8.2.3 Posouzení pro rychlíky R – 118km/h a R – 120km/h

Planá – přímý úsek

R, kolej č.1 – 118km/h, kolej č.2 – 120km/h



Obr. 43 Srovnání posunů pro rychlíky R – 118km/h s podpražcovými podločkami a R – 120km/h bez podpražcových podloček

Popis:

Jak si můžeme povšimnout, posuny jsou rozdílné u obou typů pražců.

Na tomto obrázku jsou posuny větší pro úsek s podpražcovými podločkami. I když pro úsek Havlíčkův Brod byly průběhy posunů pro úseky bez a s podpražcovými podločkami rozdílné, resp. posuny byly menší pro úsek s podpražcovými podločkami, zde lze říci, že je tomu právě naopak.

Na tomto obrázku jsou hodnoty posunů poměrně vyrovnané, avšak hodnoty bez a s podpražcovými podločkami se liší. Hodnoty posunů pro úseky bez podpražcových podloček jsou na hodnotě cca 50% oproti úseku s podpražcovými podločkami, i když jsou rychlosti vlakových souprav téměř shodné.

8.3 Osobní vlaky Os – 52km/h s podpražcovými podločkami a Os – 54km/h bez podpražcových podložek

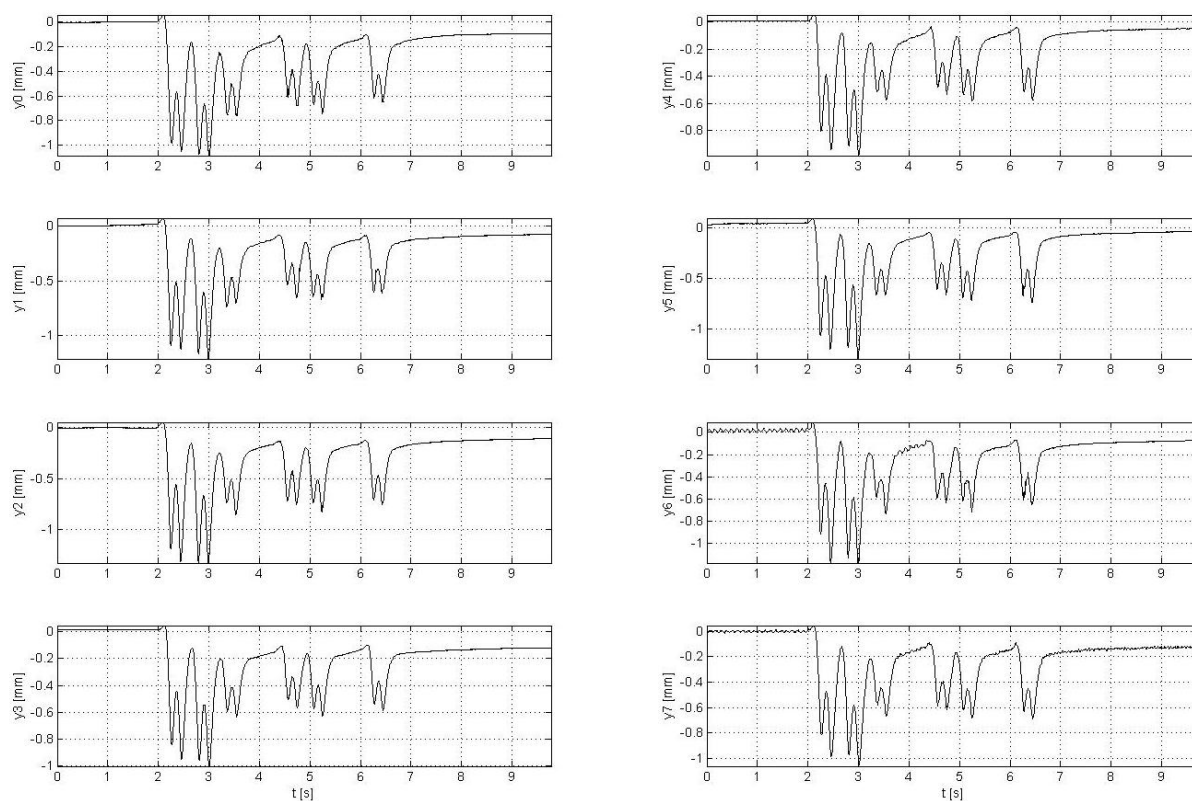
8.3.1 Vlak Os, 52km/h – s podpražcovými podločkami

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 52km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 1,33mm



Obr. 44 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 52km/h

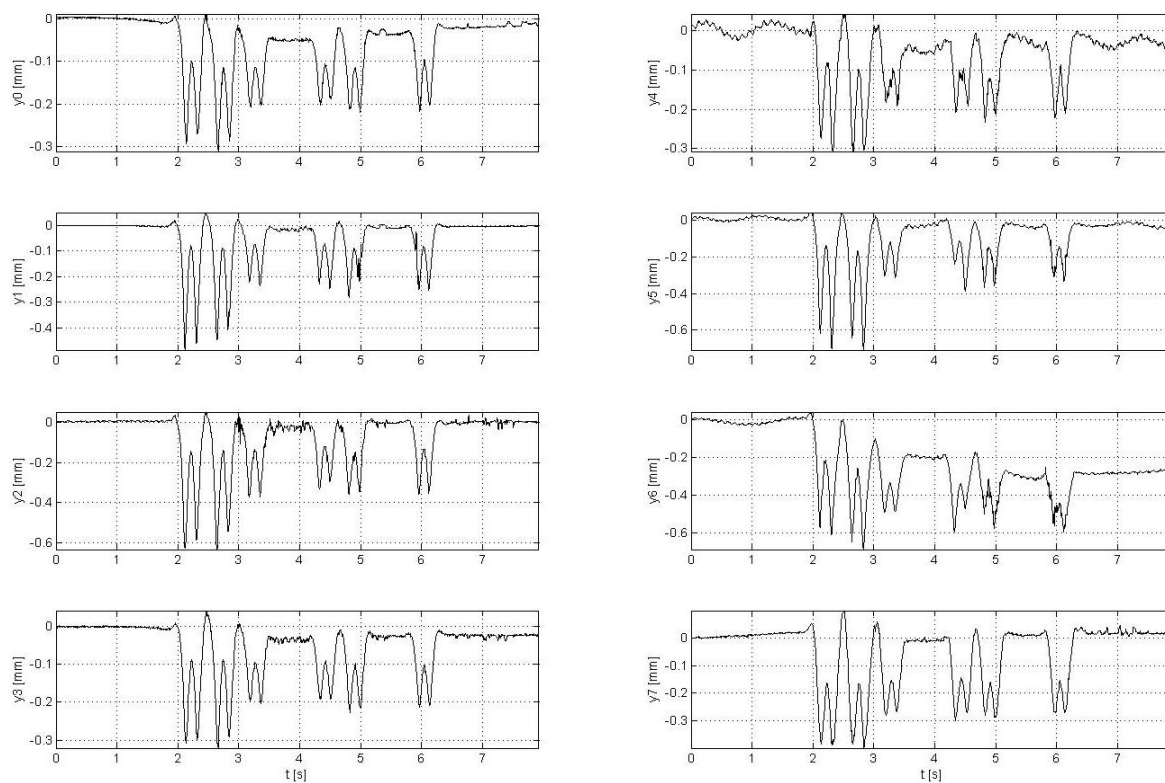
8.3.2 Vlak Os, 54km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 54km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 0,71mm



Obr. 45 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 54km/h

8.3.3 Posouzení pro osobní vlaky Os – 52km/h a Os – 54km/h

Planá – přímý úsek

Os, kolej č.1 – 52km/h, kolej č.2 – 54km/h



Obr. 46 Srovnání posunů pro Osobní vlaky Os - 52km/h s podpražcovými podločkami a Os - 54km/h bez podpražcových podloček

Popis:

Jak si můžeme povšimnout, posuny jsou rozdílné u obou typů pražců.

Na tomto obrázku jsou posuny větší pro úsek s podpražcovými podločkami. I když pro úsek Havlíčkův Brod byly průběhy posunů pro úseky bez a s podpražcovými podločkami rozdílné, resp. posuny byly menší pro úsek s podpražcovými podločkami, zde lze říci, že je tomu právě naopak.

Na tomto obrázku jsou hodnoty posunů poměrně vyrovnané, avšak hodnoty bez a s podpražcovými podločkami se liší. Hodnoty posunů pro úseky bez podpražcových podloček jsou na hodnotě cca 50% oproti úseku s podpražcovými podločkami, i když jsou rychlosti vlakových souprav téměř shodné.

8.4 Osobní vlaky Os – 90km/h s podpražcovými podločkami a Os – 87km/h bez podpražcových podložek

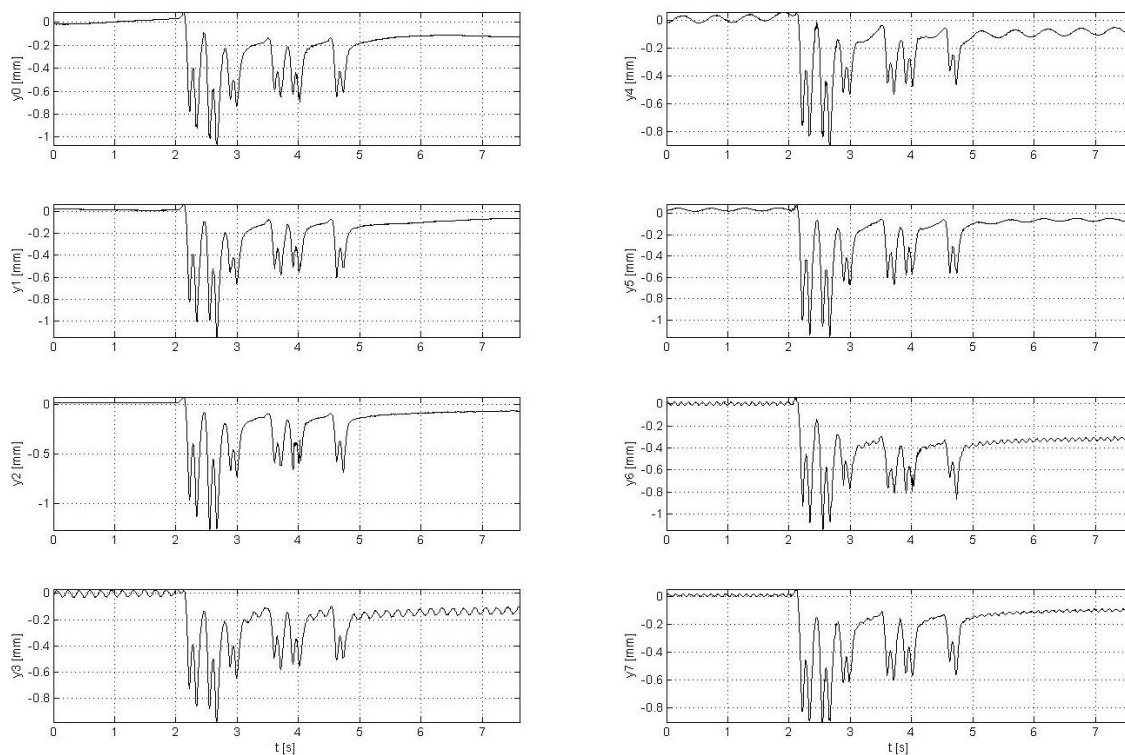
8.4.1 Vlak Os, 90km/h – s podpražcovými podločkami

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 90km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 1,27mm



Obr. 47 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 90km/h

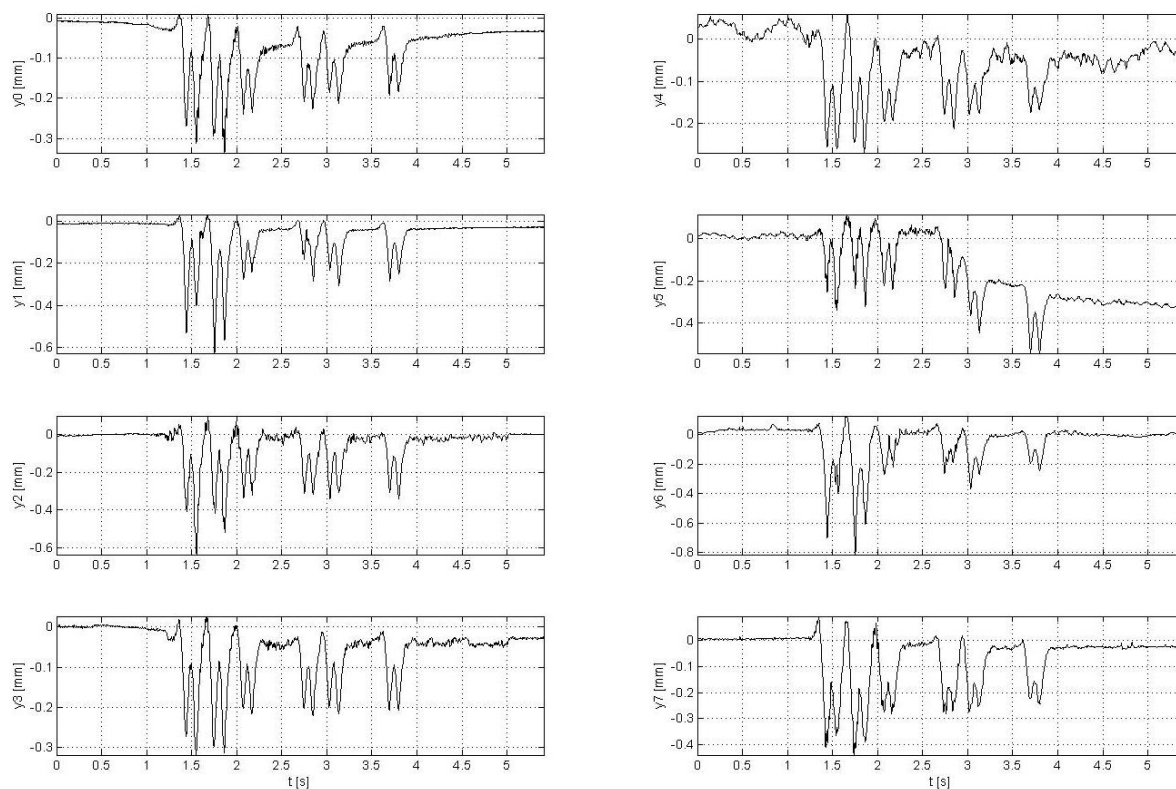
8.4.2 Vlak Os, 87km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 87km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

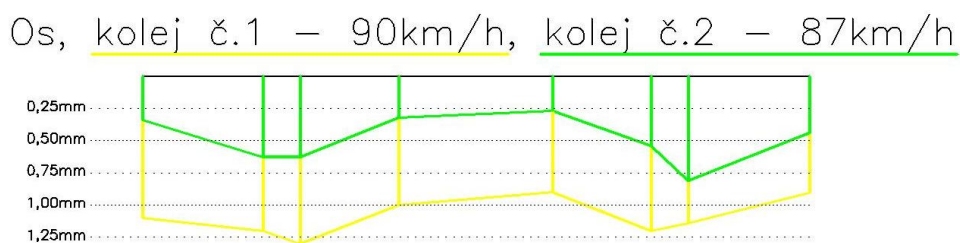
Max. posun: 0,81mm



Obr. 48 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 87km/h

8.4.3 Posouzení pro osobní vlaky Os – 90km/h a Os – 87km/h

Planá – přímý úsek



Obr. 49 Srovnání posunů pro osobní vlaky Os – 90km/h s podpražcovou podloškou a Os – 87km/h bez podpražcových podložek

Popis:

Jak si můžeme povšimnout, posuny jsou rozdílné u obou typů pražců.

Na tomto obrázku jsou posuny větší pro úsek s podpražcovými podloškami. I když pro úsek Havlíčkův Brod byly průběhy posunů pro úseky bez a s podpražcovými podloškami rozdílné, resp. posuny byly menší pro úsek s podpražcovými podloškami, zde lze říci, že je tomu právě naopak.

Na tomto obrázku jsou hodnoty posunů poměrně vyrovnané, avšak hodnoty bez a s podpražcovými podloškami se liší. Hodnoty posunů pro úseky bez podpražcových podložek jsou na hodnotě cca 50% oproti úseku s podpražcovými podloškami, i když jsou rychlosti vlakových souprav téměř shodné.

9. Výstupy z měření – oblast Planá – měření posunů ve výhybce

9.1 Osobní vlaky Os – 93-98km/h s podpražcovými podložkami a Os – 85-90km/h bez podpražcových podložek

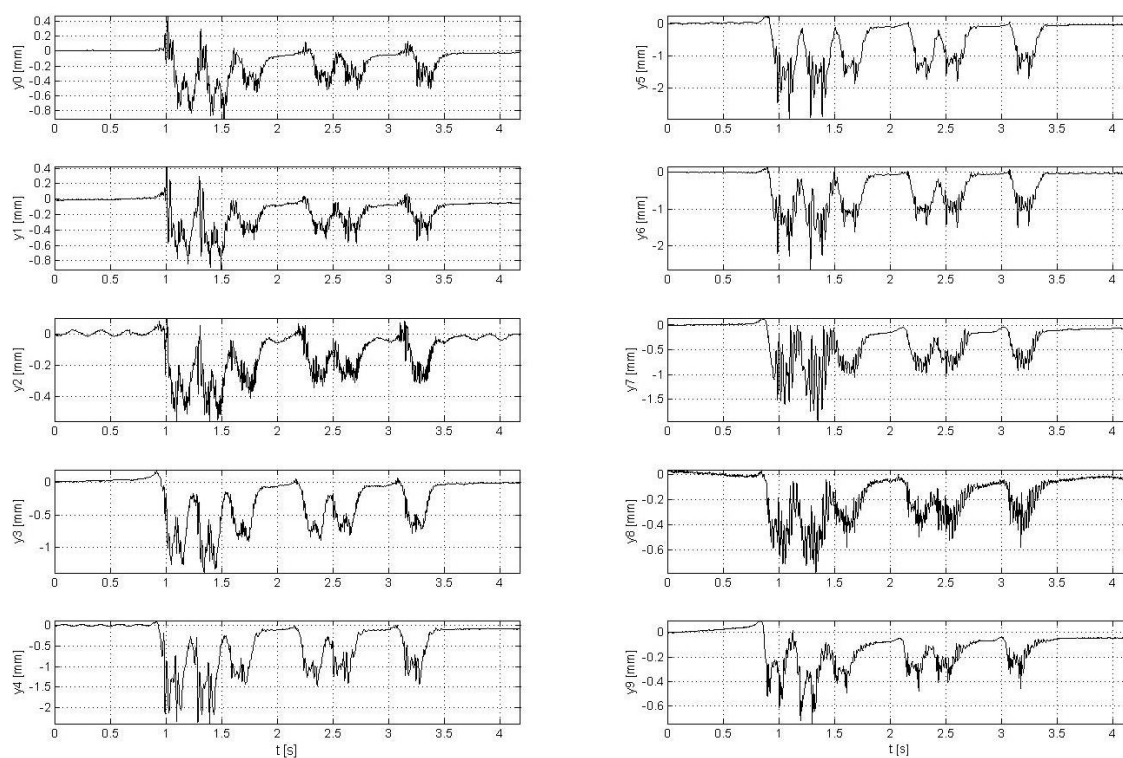
9.1.1 Vlak Os, 93-98km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 93-98km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 2,96mm



Obr. 50 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 93-98km/h

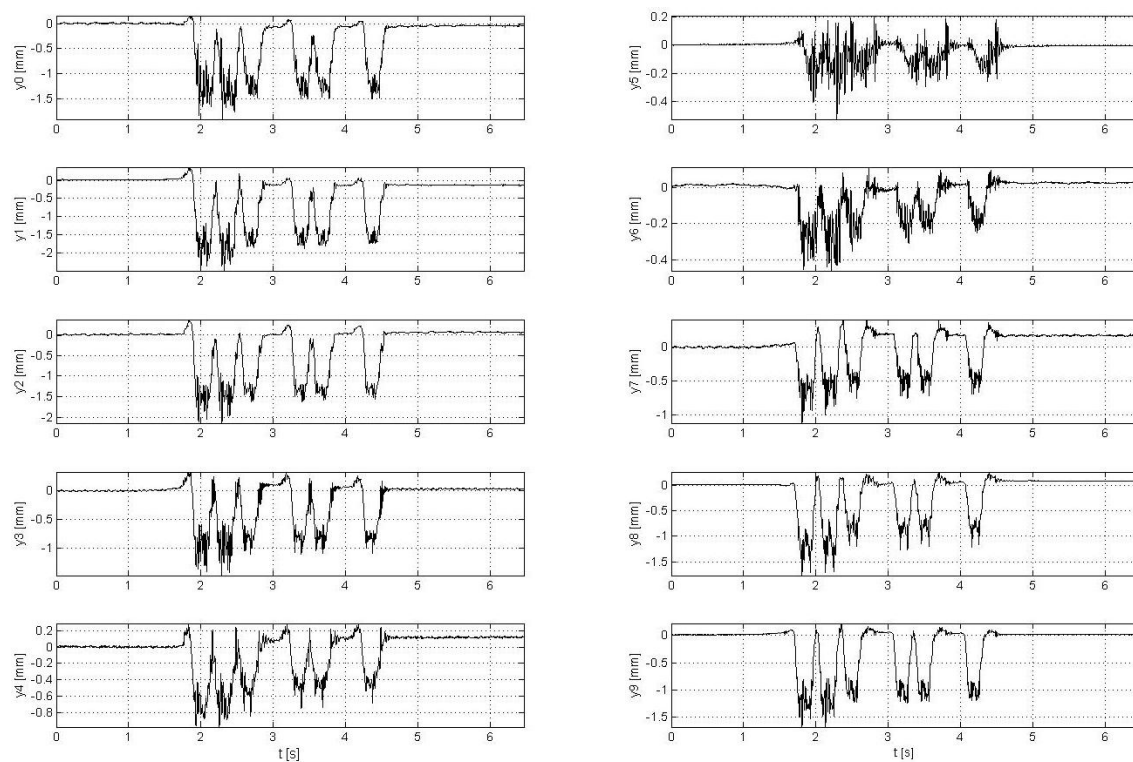
9.1.2 Vlak Os, 85-90km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 85-90km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

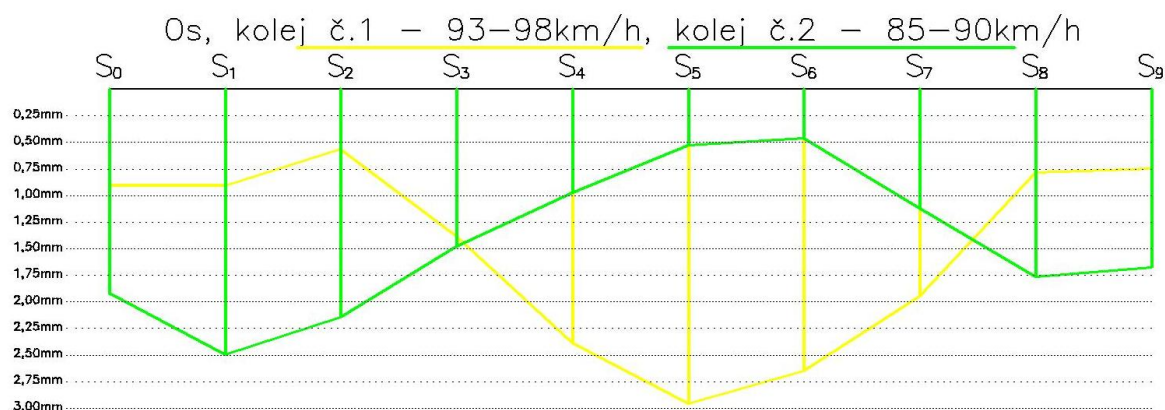
Max. posun: 2,50mm



Obr. 51 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 85-90km/h

9.1.3 Posouzení pro osobní vlaky Os – 93-98km/h a Os – 85-90km/h

Planá



Obr. 52 Srovnání posunů pro osobní vlaky Os – 93-98km/h s podpražcovými podložkami a Os – 85-90km/h bez podpražcových podložek

Popis:

Jak si můžeme povšimnout, posuny jsou rozdílné u obou typů pražců.

Očekával bych, že pro úsek pražců s pružnou podložkou budou hodnoty posunů rovnoměrnější s nižšími hodnotami oproti úsekům bez podpražcových podložek. Maximální posun pro pražce s podpražcovými podložkami je téměř 3mm, což se mi zdá poměrně hodně, avšak na posuny, jak jsem psal již dříve, může mít vliv právě pružné chování podložky.

Ohledně úseku bez podpražcových podložek se dá říci, že je průběh posunů podle očekávání. Maximální posun má hodnotu 2,5mm.

Na tomto grafu si dále můžeme všimnout, že posuny na pražcích na příjezdu a odjezdu (S₀ a S₉) jsou menší na úseku s podpražcovými podložkami, lze se tedy domnívat, že zde podpražcové podložky mají svůj smysl.

9.2 Rychlíky R – 115km/h s podpražcovými podložkami a R – 118km/h bez podpražcových podložek

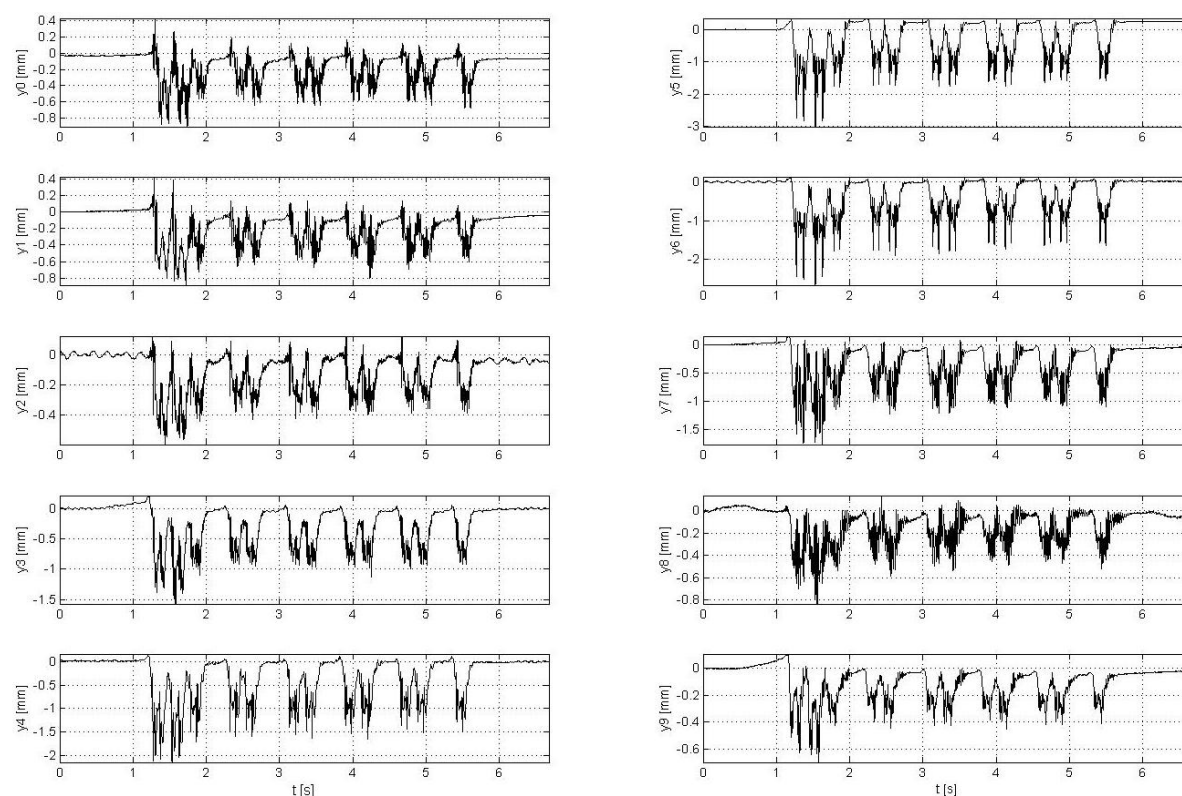
9.2.1 Vlak R, 115km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 115km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 3,01mm



Obr. 53 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 115km/h

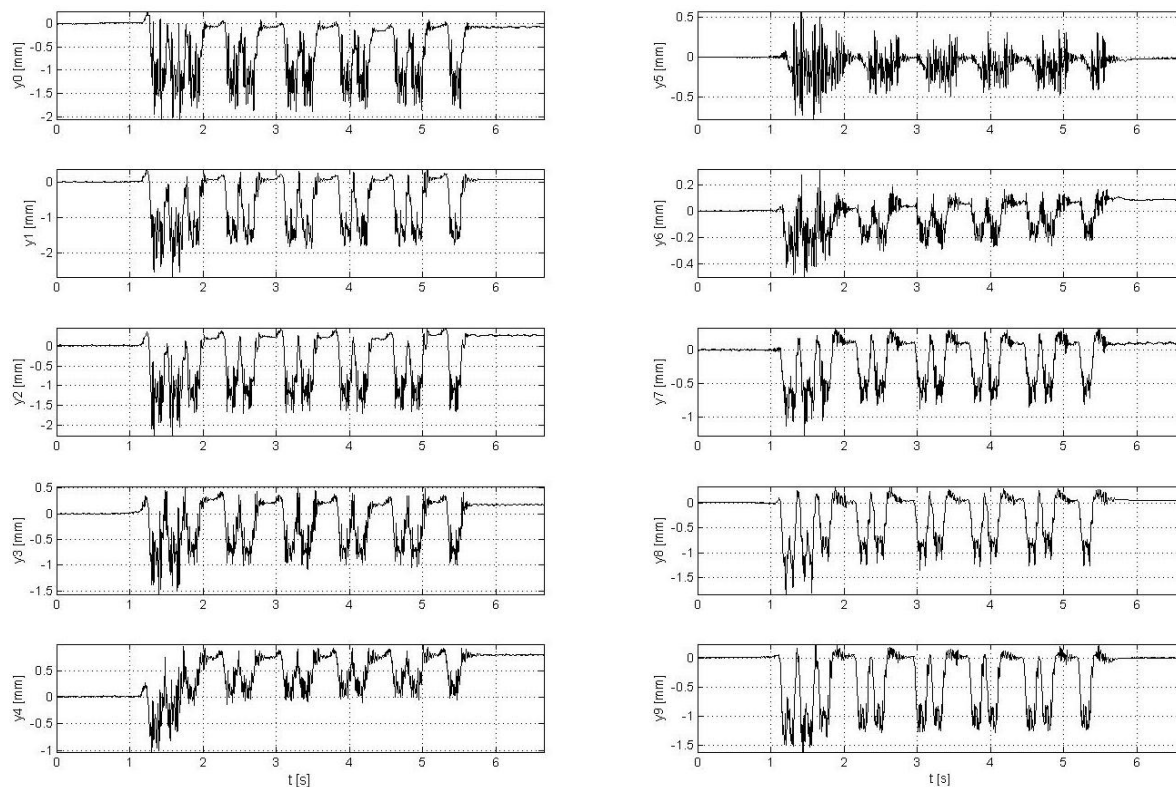
9.2.2 Vlak R, 118km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 118km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

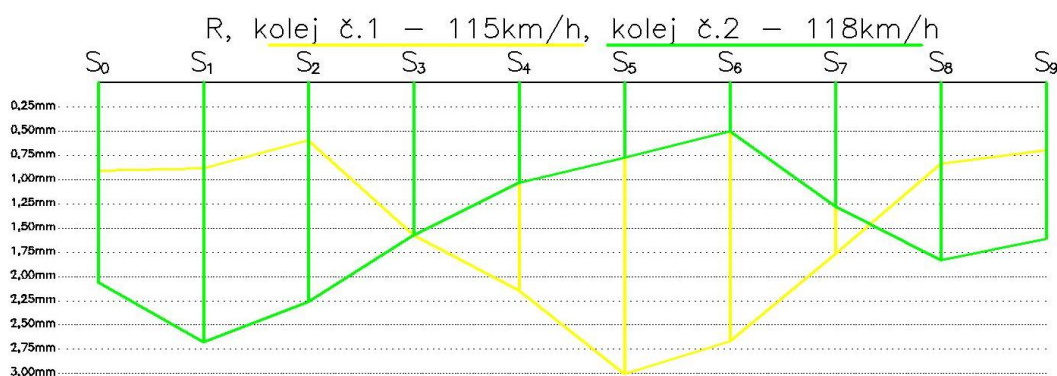
Max. posun: 2,68mm



Obr. 54 Posunutí na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 118km/h

9.2.3 Posouzení pro rychlíky R – 115km/h a R – 118km/h

Planá



Obr. 55 Srovnání posunů pro rychlíky R - 115km/h s podpražcovými podložkami a R - 118km/h bez podpražcových podložek

Popis:

Jak si můžeme povšimnout, posuny jsou rozdílné u obou typů pražců.

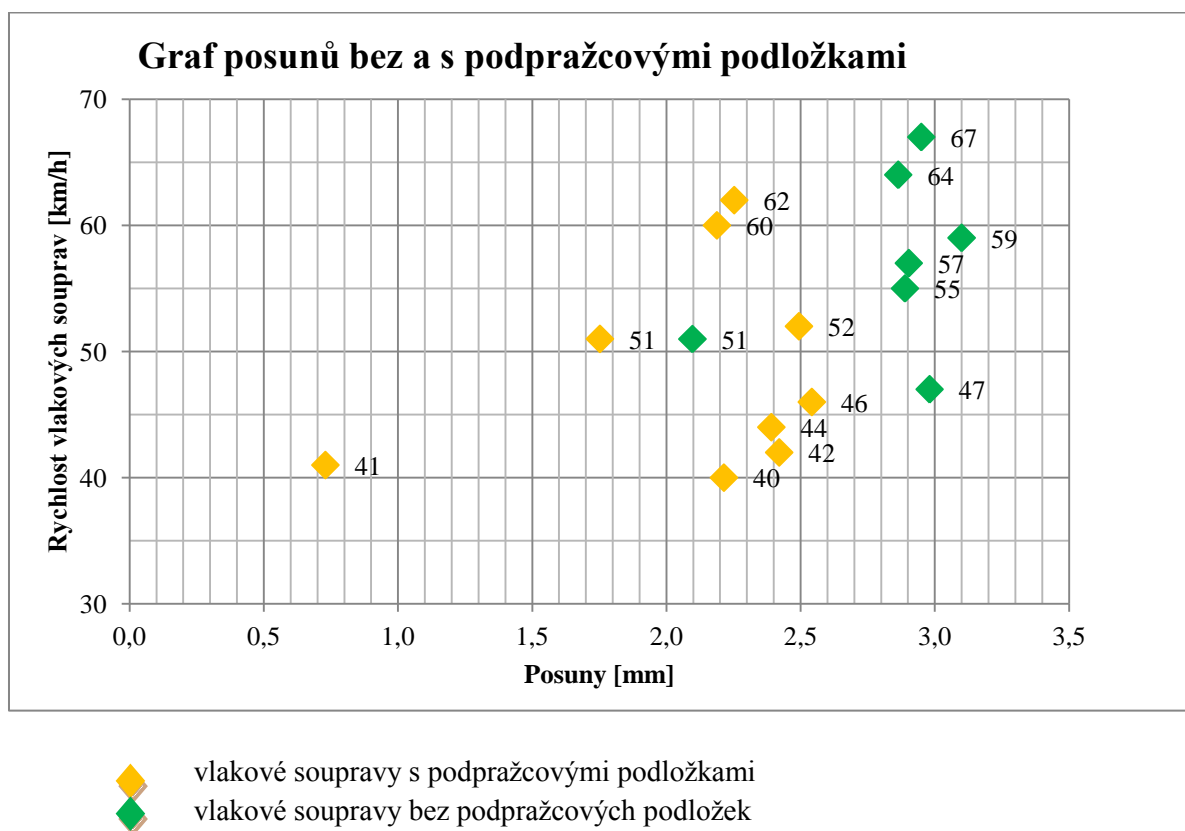
Očekával bych, že pro úsek pražců s pružnou podložkou budou hodnoty posunů rovnoměrnější s nižšími hodnotami oproti úsekům s podpražcovými podložkami. Maximální posun pro pražce s podpražcovými podložkami je téměř 3mm, což se mi zdá poměrně hodně, avšak na posuny, jak jsem psal již dříve, může mít vliv právě pružné chování podložky.

Ohledně úseku bez podpražcových podložek se dá říci, že je průběh posunů podle očekávání. Maximální posun má hodnotu 2,5mm.

Na tomto grafu si dále můžeme všimnout, že posuny na pražcích na příjezdu a odjezdu (S₀ a S₉) jsou menší na úseku s podpražcovými podložkami, lze se tedy domnívat, že zde podpražcové podložky mají svůj význam.

10. Výběr zhodnocení posunů

10.1 Graf posunů v závislosti na rychlosti - Havlíčkův Brod



Obr. 56 Graf posunů v závislosti na rychlosti – Havlíčkův Brod

Popis:

Na obr. 53 vidíme graf posunů bez a s podpražcovými podložkami. Na grafu je znázorněna závislost rychlosti a velikosti posunů. Žlutě jsou označeny posuny pod vlakovými soupravami, převážně pod lokomotivami, v úseku s pražci s podpražcovými podložkami. Zeleně jsou označeny posuny pod vlakovými soupravami, převážně pod lokomotivami, v úseku bez podpražcových podložek.

Ohledně úseků s podpražcovými podložkami, kde je rychlost v intervalu mezi 40 – 62 km/h jsou posuny především v intervalu 2,3 – 2,5 mm. I když vidíme, že je jeden bod (pro rychlost 41 km/h) výrazně mimo interval, jedná se o MOV (motorový opravárenský vozík), který nemá lokomotivu, na kterých jsou převážně vidět účinky od zatížení, resp. posuny.

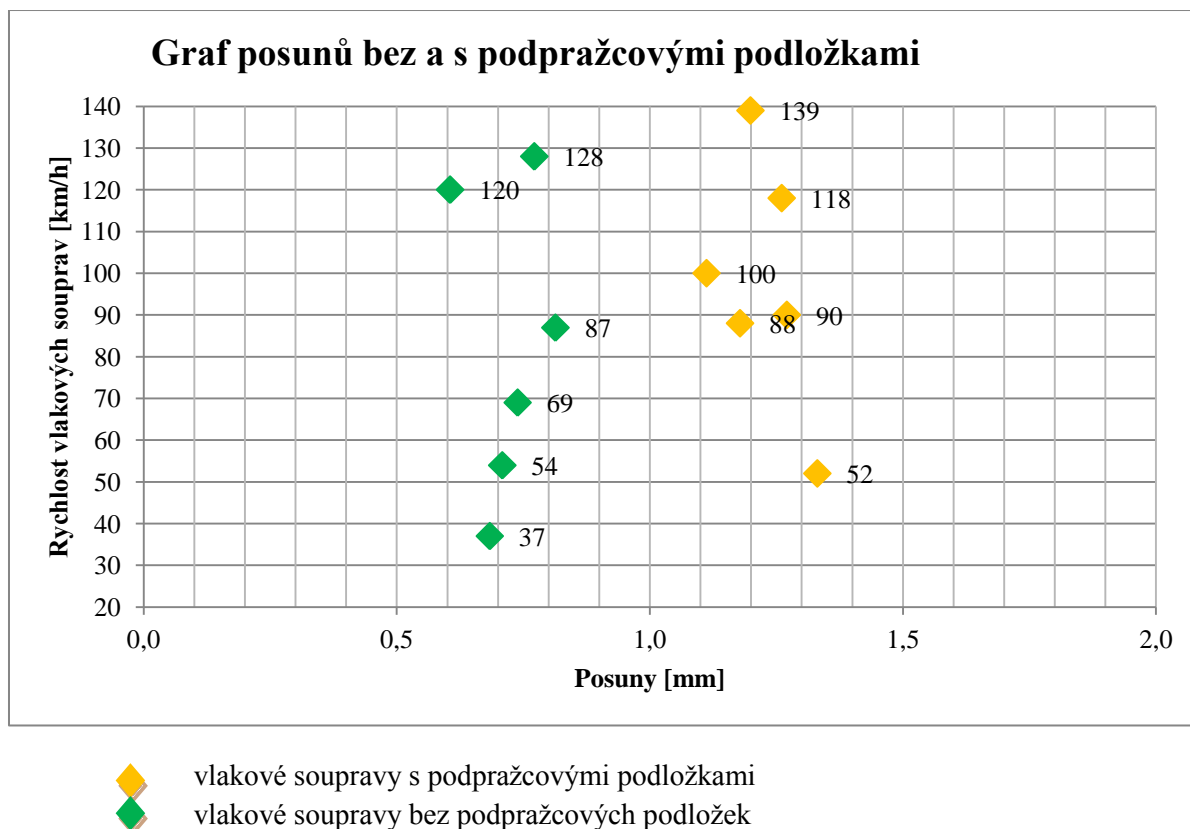
Ohledně úseku bez podpražcových podložek, kde je rychlost mezi 47 – 67 km/h jsou posuny především v intervalu 2,9 – 3,1 mm. Avšak pro bod, kde je rychlost 51 km/h, je naměřen posun cca 2,1 mm (při průjezdu rychlíkem).

Ve finále můžeme zhodnotit úsek s podpražcovými podložkami tak, že rychlost vlaku nemá příliš velký vliv na velikost posunu, resp. zatlačení. Průměrná velikost posunu je cca 2,4 mm a odchylky řádově 0,1 – 0,2 mm nejsou tak velké, abychom z toho dělali příliš velké závěry.

Úsek bez podpražcových podložek můžeme hodnotit tak, že rychlost vlaku nemá příliš velký vliv na velikost posunů. Průměrná velikost posunu je cca 3 mm a odchylky řádově 0,1 – 0,2 mm jsou

zanedbatelné. Avšak můžeme konstatovat, že posuny pro úsek s podpražcovými podložkami jsou řádově o 0,5mm nižší nežli pro úsek bez podpražcových podložek, čili řádově o 20%.

10.2 Graf posunů v závislosti na rychlosti – Planá – přímý úsek



Obr. 57 Graf posunů v závislosti na rychlosti – Planá nad Lužnicí – přímý úsek

Popis:

Na obr. 54 vidíme graf posunů bez a s podpražcovými podložkami. Na grafu je znázorněna závislost rychlosti a velikosti posunů. Žlutě jsou označeny posuny pod vlakovými soupravami, převážně pod lokomotivami, v úseku s pražci s podpražcovými podložkami. Zeleně jsou označeny posuny pod vlakovými soupravami, převážně pod lokomotivami, v úseku bez podpražcových podložek. Pro tento graf jsem hodnotil všechny vlakové soupravy bez ohledu na typ, tj. osobní vlaky, rychlíky apod.

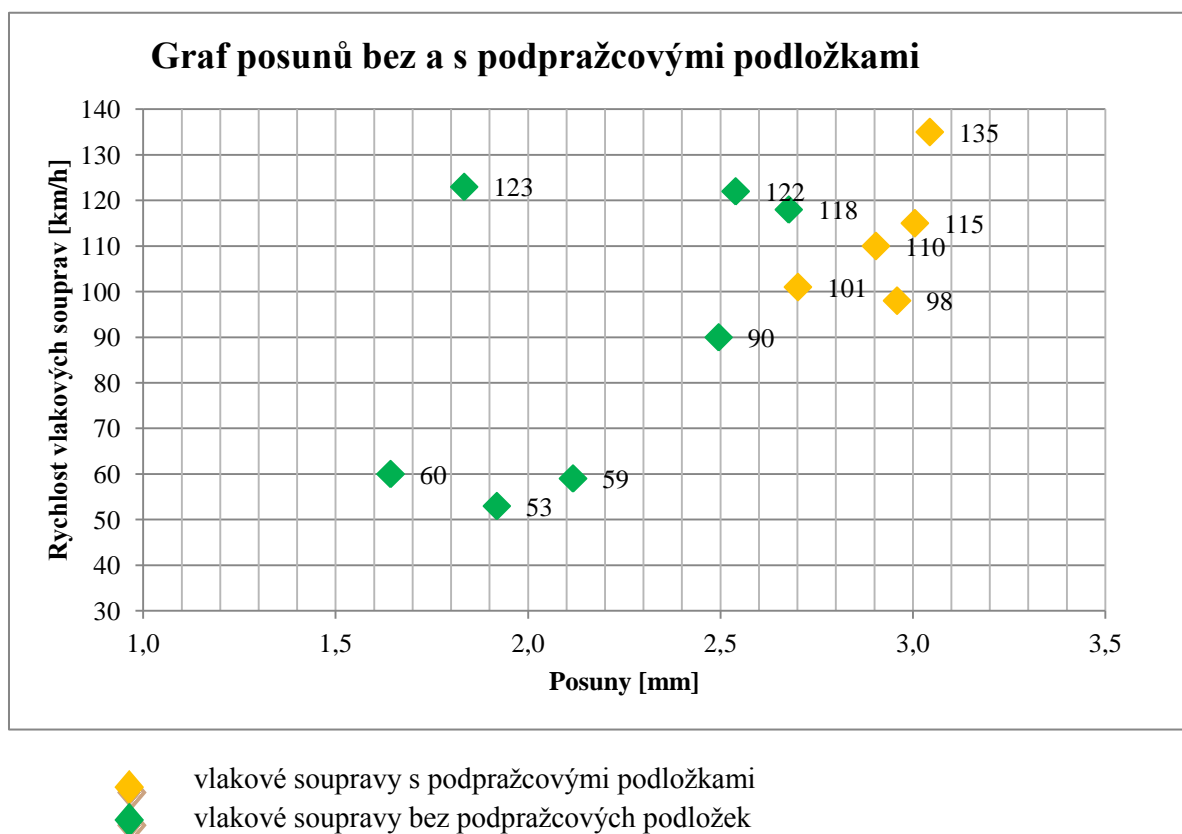
Ohledně úseků s podpražcovými podložkami, kde je rychlost v intervalu mezi 52-139km/h jsou posuny především v intervalu 1,1 – 1,4mm.

Ohledně úseku bez podpražcových podložek, kde je rychlost mezi 37-128km/h jsou posuny především v intervalu 0,6-0,8mm.

Ve finále můžeme zhodnotit úsek s podpražcovými podložkami tak, že rychlost vlaku nemá příliš velký vliv na velikost posunu, resp. zatlačení. Průměrná velikost posunu je cca 1,2mm a odchylky řádově 0,1 – 0,2mm nejsou tak velké, abychom z toho dělali příliš velké závěry.

Úsek bez podpražcových podložek můžeme hodnotit tak, že rychlost vlaku nemá příliš velký vliv na velikost posunu. Průměrná velikost posunu je cca 0,7mm a odchylky řádově 0,1 – 0,2mm jsou zanedbatelné. Avšak můžeme konstatovat, že posuny pro úsek s podpražcovými podložkami jsou řádově o 0,5mm vyšší nežli posuny pro úsek bez podpražcových podložek.

10.3 Graf posunů v závislosti na rychlosti – Planá – výhybka



Obr. 58 Graf posunů v závislosti na rychlosti – Planá nad Lužnicí – výhybka

Popis:

Na obr. 55 vidíme graf posunů bez a s podpražcovými podložkami. Na grafu je znázorněna závislost rychlosti a velikosti posunů. Žlutě jsou označeny posuny pod vlakovými soupravami, převážně pod lokomotivami, v úseku s pražci s podpražcovými podložkami. Zeleně jsou označeny posuny pod vlakovými soupravami, převážně pod lokomotivami, v úseku bez podpražcových podložek.

Ohledně úseků s podpražcovými podložkami, kde je rychlost v intervalu mezi 98-135km/h jsou posuny především v intervalu 2,7 – 3,1mm.

Ohledně úseku bez podpražcových podložek, kde je rychlost mezi 53-123km/h jsou posuny především v intervalu 1,6-2,7mm.

Ve finále můžeme zhodnotit úsek s podpražcovými podložkami tak, že rychlost vlaku nemá příliš velký vliv na velikost posunu, resp. zatlačení. Průměrná velikost posunu je cca 3,0mm a odchylky řádově 0,1 – 0,2mm nejsou tak velké, abychom z toho dělali příliš velké závěry.

Úsek bez podpražcových podložek se dá zhodnotit tak, že rychlost vlaku má určitý vliv na velikost posunu. Průměrná velikost posunu je cca 2,3mm a odchylky řádově 0,5 – 0,7mm.

Avšak můžeme konstatovat, že posuny pro úsek s podpražcovými podložkami jsou o řádově 0,7mm vyšší nežli posuny pro úsek bez podpražcových podložek, řádově o 30%. Můžeme tedy usoudit, že podpražcové gumové podložky mají zřejmě vliv na velikost posunů a to i na úseku v Plané nad Lužnicí v přímém úseku.

11. Výstupy z měření – oblast Havlíčkův Brod – zrychlení vibrací

11.1 Rychlíky R – 62km/h s podpražcovými podložkami a R – 57km/h bez podpražcových podložek

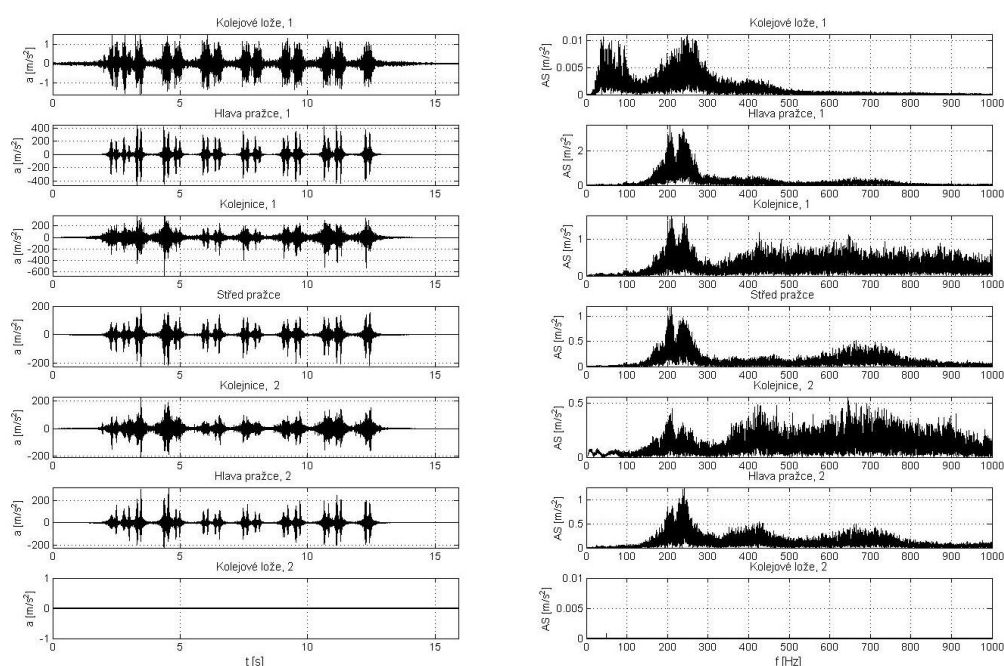
11.1.1 Vlak R, 62km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 62km/h

Oblast: Havlíčkův Brod

Max. posun: 2,25mm



Obr. 59 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 62km/h

Popis:

Zrychlení $a[\text{m/s}^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo mezi hlavou pražce a kolejnicí č. 1 s amplitudou $+420$ až -700m/s^2 .

Zrychlení $a[\text{m/s}^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod kolejnicí č. 1, kde je hodnota zrychlení ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 205Hz, její hodnota činí $3,7\text{m/s}^2$.

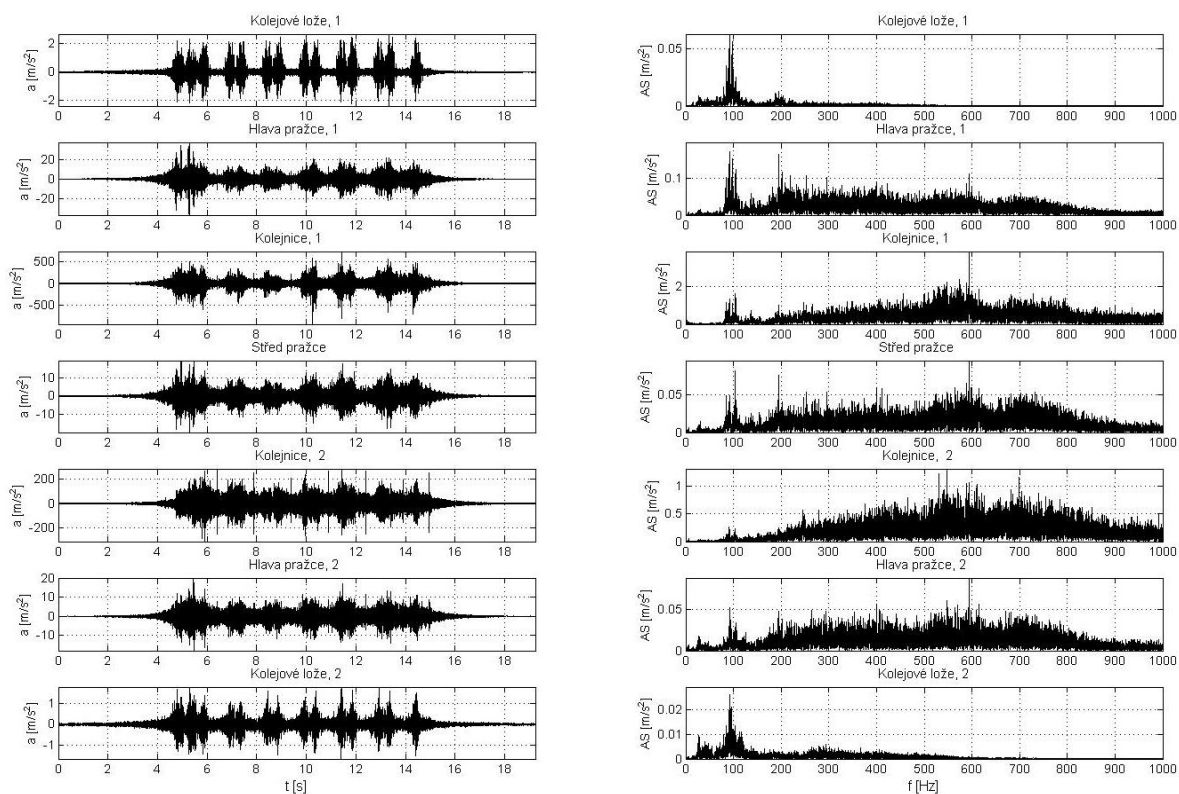
11.1.2 Vlak R, 57km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 62km/h

Oblast: Havlíčkův Brod

Max. posun: 4,39mm



Obr. 60 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 57km/h

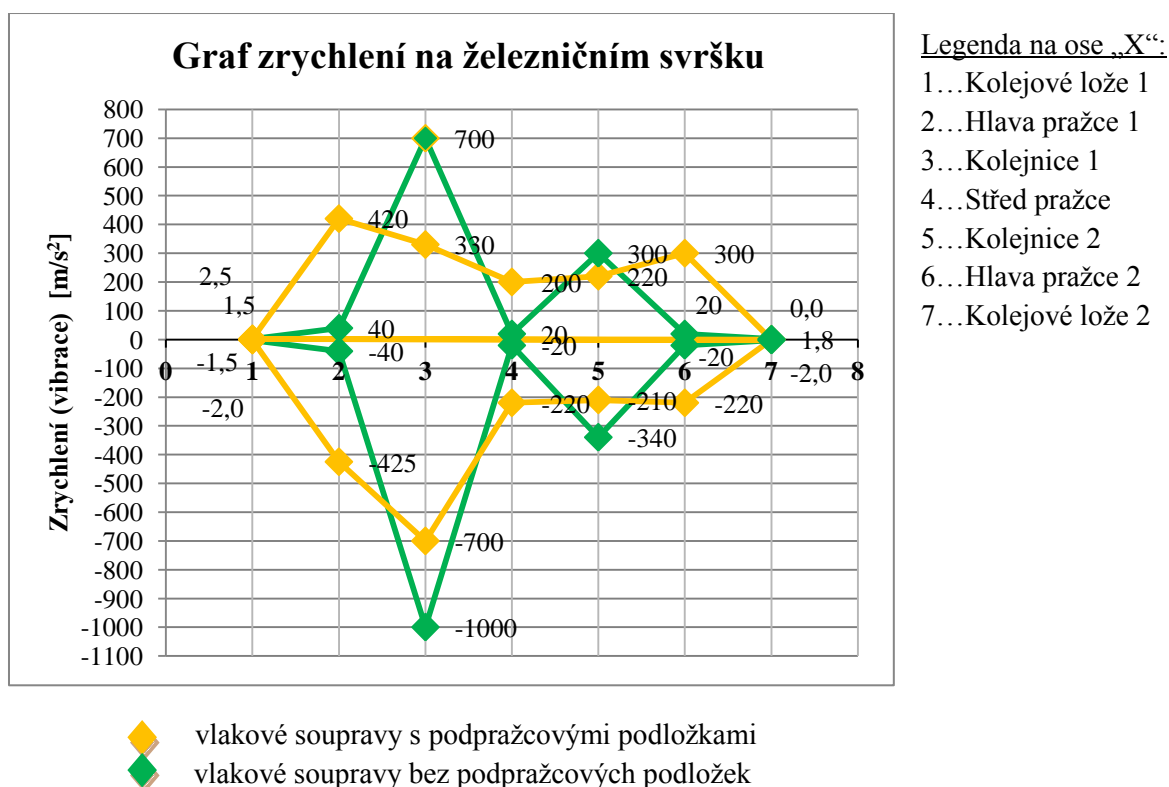
Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na kolejnici 1 s amplitudou +700 až -1000 m/s^2 .

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod kolejnicí 1, kde je hodnota zrychlení ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 595Hz, její hodnota činí 4,0 m/s^2 .

11.1.3 Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky R – 62km/h a R – 57km/h

	R – 62km/h		R – 57km/h	
	Max. s USP $a[m/s^2]$	Min. s USP $a[m/s^2]$	Max. bez USP $a[m/s^2]$	Min. bez USP $a[m/s^2]$
Kolejové lože L	1,2	-1,5	1,3	-1,5
Hlava pražce L	420	-425	40	-40
Kolejnice L	330	-700	700	-1000
Střed pražce	200	-220	20	-20
Kolejnice P	220	-210	300	-340
Hlava pražce P	300	-220	20	-20
Kolejové lože P	0,0	0,0	1,8	-2,0



Obr. 61 Graf zrychlení v časové oblasti

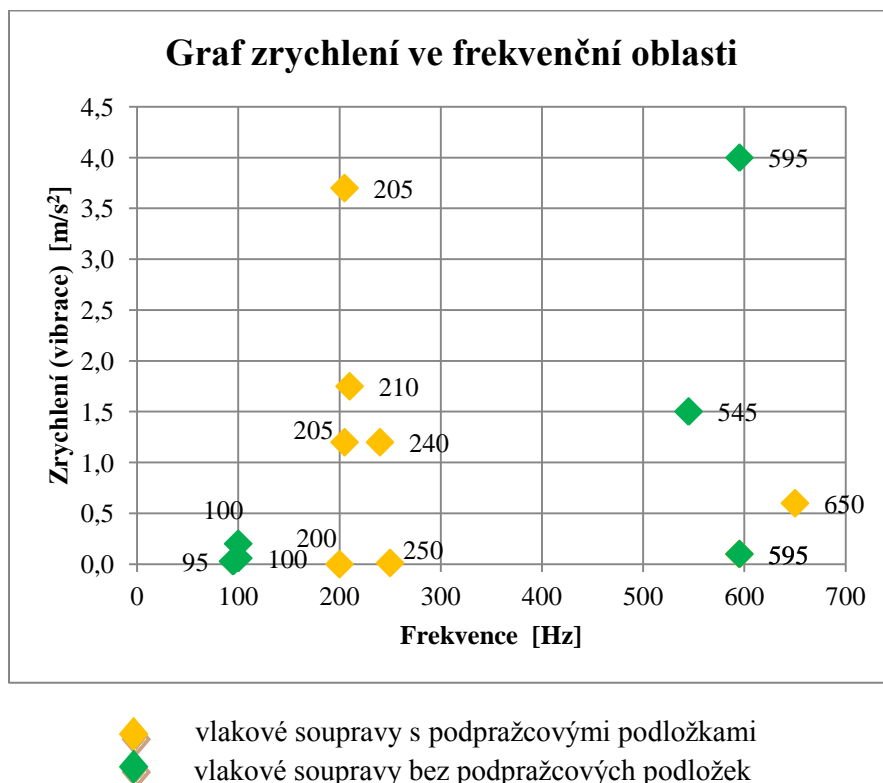
Popis:

Vykreslený graf zrychlení vibrací v časové oblasti pro maximální zrychlení pro daný měřič v daném konstrukčním prvku. Jak si můžeme povšimnout, jsou největší kladné a záporné hodnoty na kolejnici č. 1 pro vlakové soupravy bez podpražcových podloček, pro vlakové soupravy s podpražcovými podločkami je největší kladná hodnota u hlavy pražce a největší záporná hodnota

pod kolejnicí č. 1. Tudiž si můžeme odvodit, že nejvíce namáhaná část konstrukčního prvku pražce bez podpražcových podložek je pod kolejnicí č. 1 a to řádově dvou-třínásobně oproti kolejnici č. 2.

Pro úsek s podpražcovými podložkami si lze všimnout, že vibrace na konstrukčních prvcích pražce jsou vyrovnanější, samozřejmě převažují vibrace pod kolejnicí č. 1.

11.1.4 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky R – 62km/h a R – 57km/h



Obr. 62 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti

Popis:

Dle grafu zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti můžeme vyčíst, že maximální zrychlení vibrací pro vlakovou soupravu s podpražcovými podložkami nachází v oblasti mezi 200-250Hz v maximálním zrychlení až $3,7 \text{ m/s}^2$ a to na hlavě pražce č. 1. Ohledně vlakové soupravy bez podpražcových podložek se maximální zrychlení nachází na frekvenci 595Hz, jejíž hodnota je 4 m/s^2 a to konkrétně na kolejnici č. 1.

11.2 Osobní vlaky Os – 44km/h s podpražcovými podložkami a Os – 47km/h bez podpražcových podložek

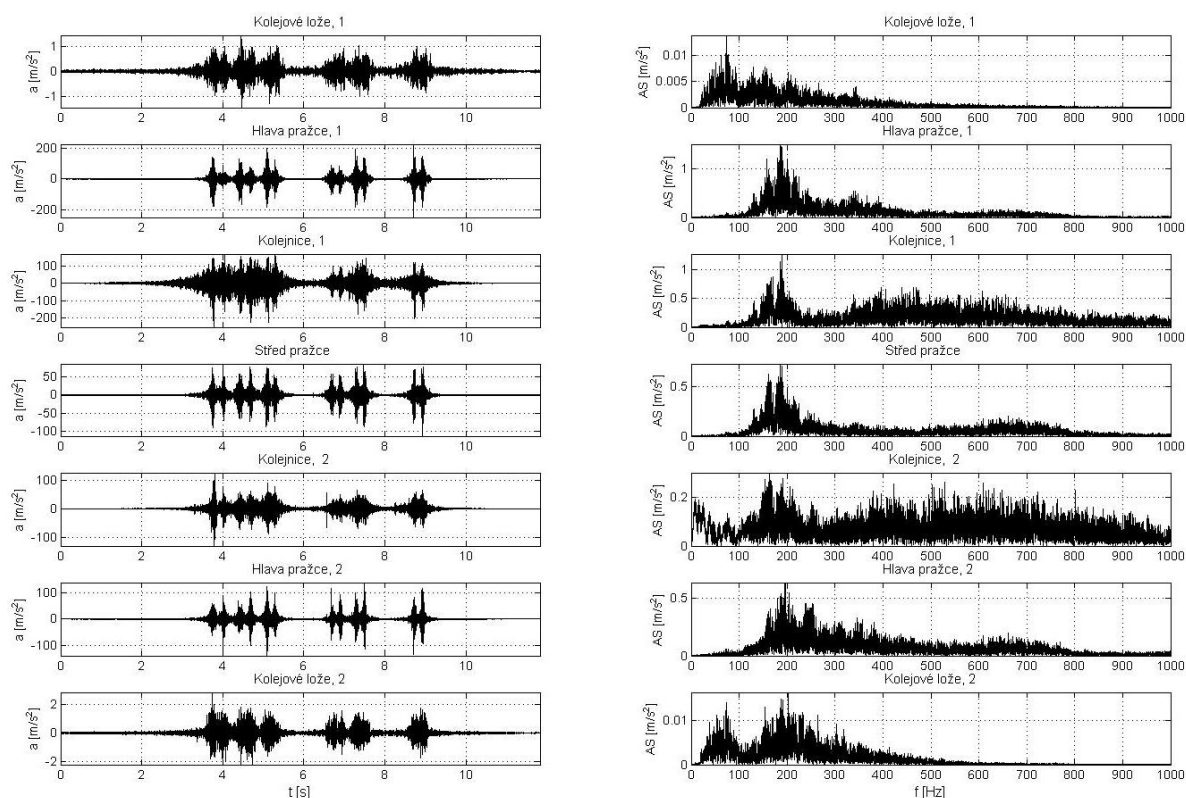
11.2.1 Vlak Os, 44km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 44km/h

Oblast: Havlíčkův Brod

Max. posun: 2,39mm



Obr. 63 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 44km/h

Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na patě kolejnice č. 1 s amplitudou +200 až -280 m/s^2 .

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod hlavou pražce 1, kde je hodnota zrychlení ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 180Hz, její hodnota činí 1,5 m/s^2 .

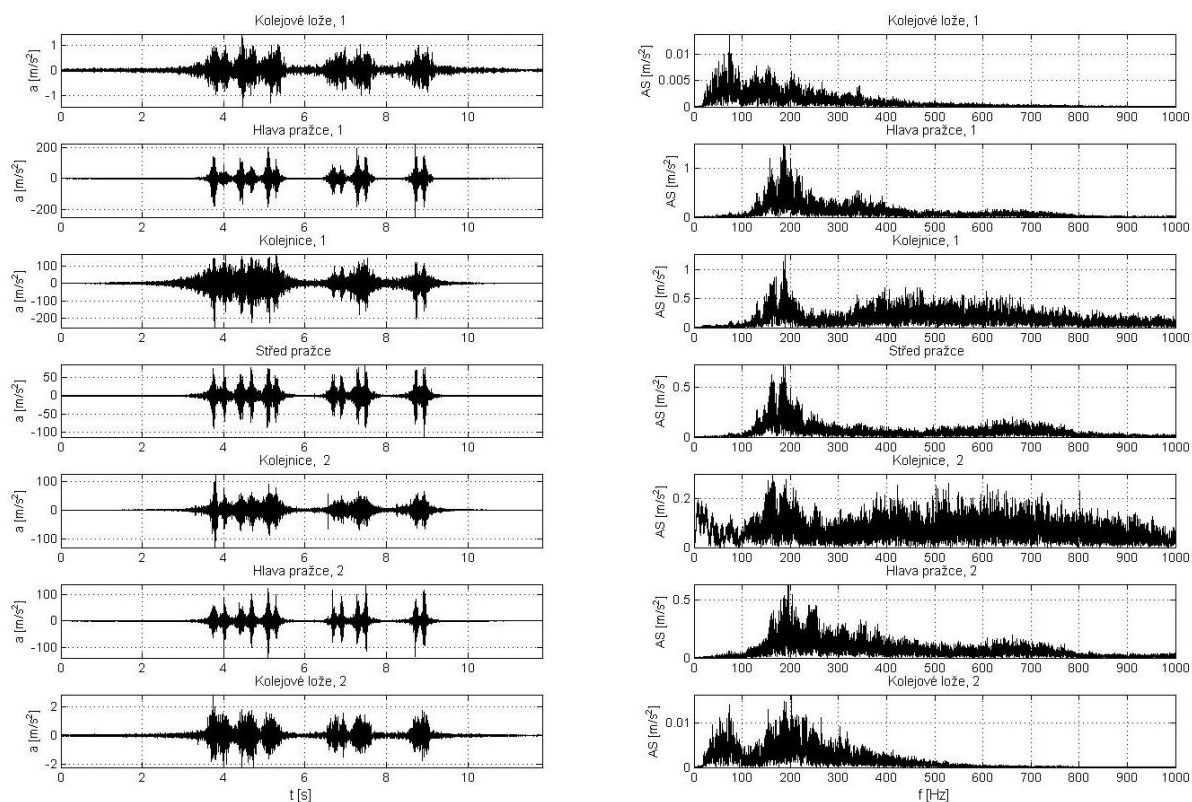
11.2.2 Vlák Os, 47km/h – bez podpražcových podložek

Vlák: Osobní vlák (Os)

Rychlost: 47km/h

Oblast: Havlíčkův Brod

Max. posun: 2,98mm



Obr. 64 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlák Os, 47km/h

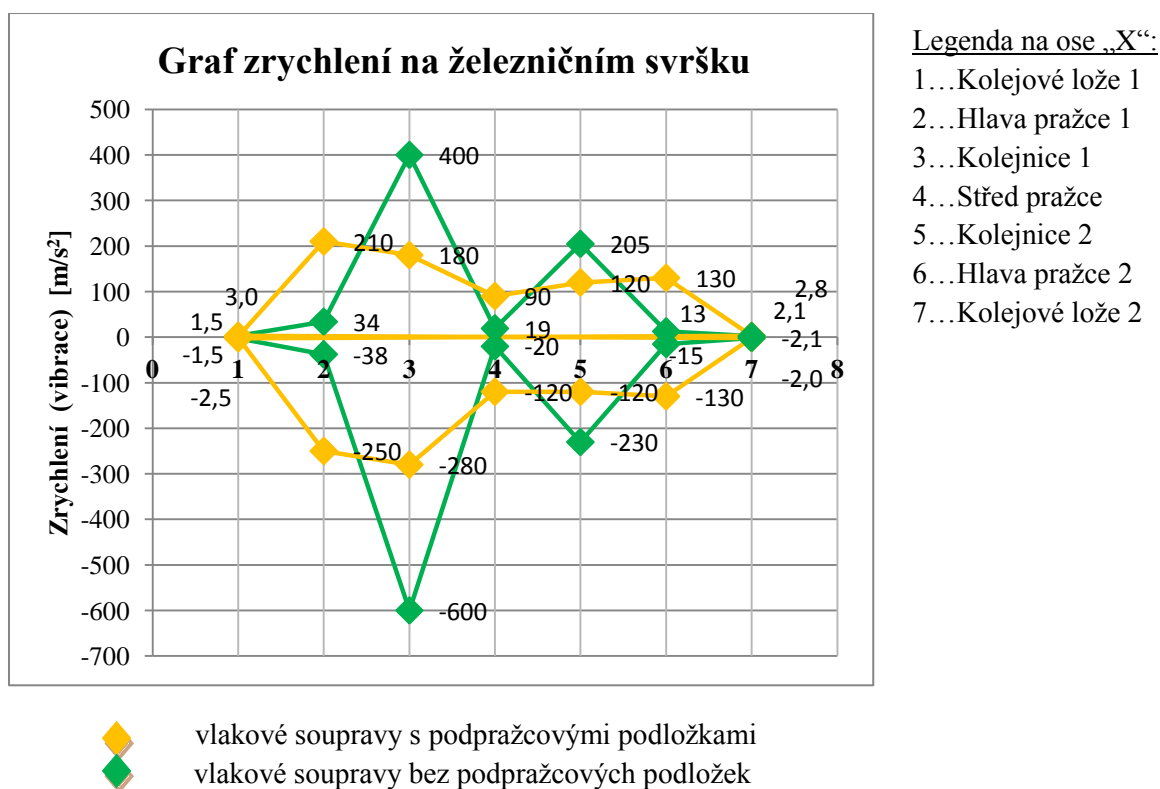
Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na kolejnici 1 s amplitudou +400 až $-600m/s^2$.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod hlavou pražce 1, kde je hodnota zrychlení ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 590Hz, její hodnota činí $1,4m/s^2$.

11.2.3 Graf zrychlení v časové oblasti pro osobní vlaky Os – 44km/h a Os – 47km/h

	R – 62km/h		R – 57km/h	
	Max. s USP $a[m/s^2]$	Min. s USP $a[m/s^2]$	Max. bez USP $a[m/s^2]$	Min. bez USP $a[m/s^2]$
Kolejové lože L	1,2	-1,3	1,2	-1,3
Hlava pražce L	210	-250	34	-38
Kolejnice L	180	-280	400	-600
Střed pražce	90	-120	19	-20
Kolejnice P	120	-120	205	-230
Hlava pražce P	130	-130	13	-15
Kolejové lože P	2,8	-2,1	2,1	-2,0



Obr. 65 Graf zrychlení v časové oblasti

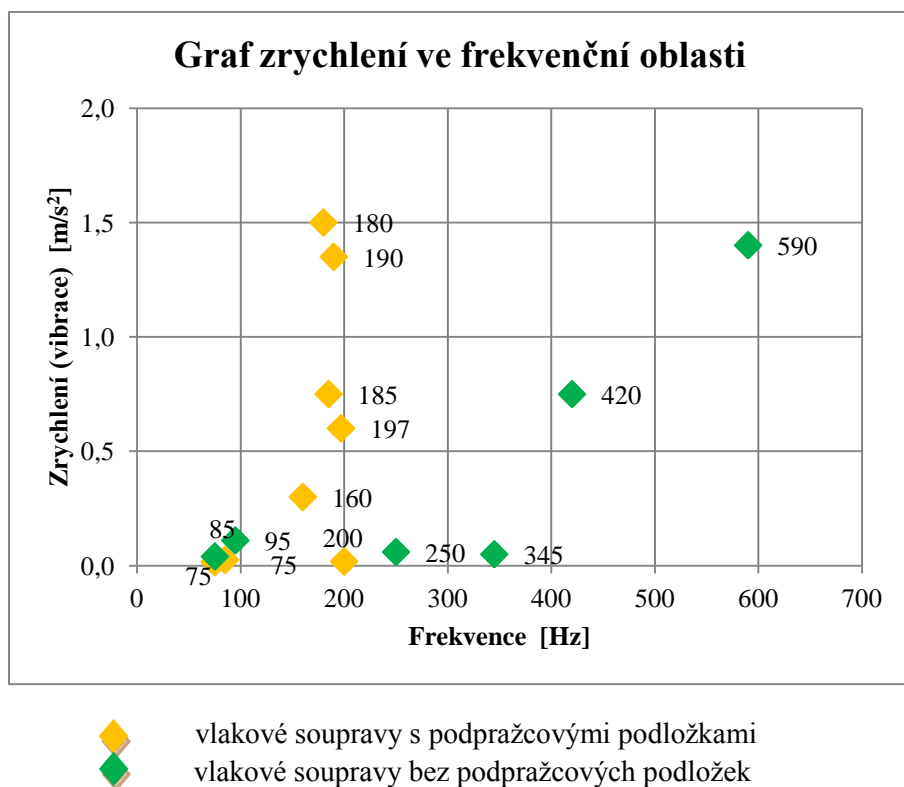
Popis:

Vykreslený graf zrychlení vibrací v časové oblasti pro maximální zrychlení pro daný měřič v daném konstrukčním prvku. Jak si můžeme povšimnout, jsou největší kladné a záporné hodnoty na patě kolejnice č. 1 pro vlakové soupravy bez podpražcových podloček, pro vlakové soupravy s podpražcovými podločkami je největší kladná hodnota u hlavy pražce a největší záporná hodnota

pod patou kolejnice č. 1. Tudiž si můžeme odvodit, že nejvíce namáhaná část konstrukčního prvku pražce bez podpražcových podložek je pod patou kolejnice č. 1 a to řádově dvou-třínásobně oproti patě kolejnice č. 2.

Pro úsek s podpražcovými podložkami si lze všimnout, že vibrace na konstrukčních prvcích pražce jsou vyrovnanější, samozřejmě převažují vibrace pod patou kolejnice č. 1. Pro nižší rychlost, oproti předchozím rychlostním vlakům si lze také povšimnout, že jsou vibrace jak pro úseky bez tak i s podpražcovými podložkami docela podobné. Dle mého názoru pro vlakové soupravy pro rychlosti jednotek km/h by se tyto vibrace téměř shodovaly.

11.2.4 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro osobní vlaky Os – 44km/h a Os – 47km/h



Obr. 66 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti

Popis:

Dle grafu zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti můžeme vyčíst, že maximální zrychlení vibrací pro vlakovou soupravu s podpražcovými podložkami nachází v oblasti mezi 160-200Hz v maximálním zrychlení až $1,5\text{m/s}^2$ a to na hlavě pražce č. 1. Ohledně vlakové soupravy bez podpražcových podložek se maximální zrychlení nachází na frekvenci 590Hz, jejíž hodnota je $1,4\text{m/s}^2$ a to konkrétně pod hlavou pražce. Na tomto grafu jde také vidět, že jsou maximální zrychlení vibrací pro úsek bez podpražcových podložek rozmělněny do vysokého intervalu frekvencí.

12. Výstupy z měření – oblast Planá nad Lužnicí – zrychlení vibrací

12.1 Rychlíky R – 139km/h s podpražcovými podložkami a R – 128km/h bez podpražcových podložek

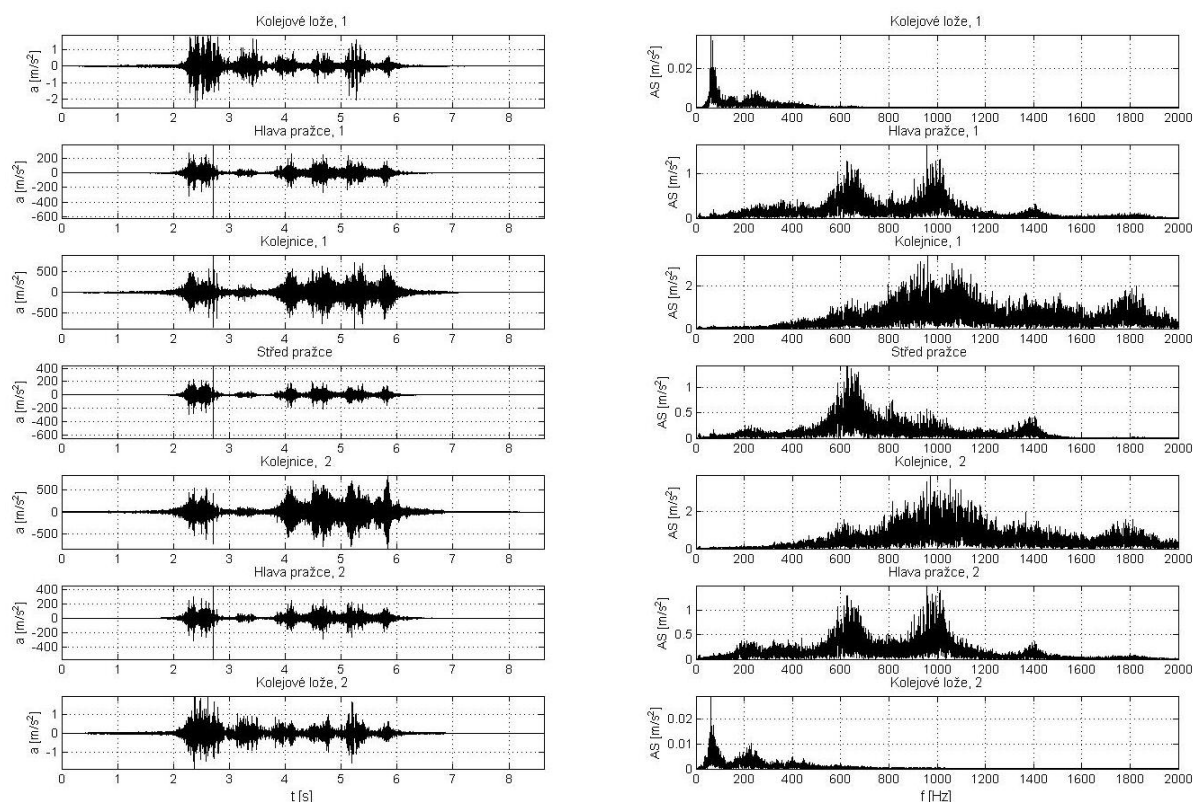
12.1.1 Vlák R, 139km/h – s podpražcovými podložkami

Vlák: Rychlík (R)

Rychlost: 139km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 1,20mm



Obr. 67 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 139km/h

Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na kolejnici 1 s amplitudou +800 až -900 m/s^2 a to pod oběma patami kolejnic.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod patou kolejnice č. 2, kde je hodnota zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 980Hz, její hodnota činí 4,0 m/s^2 .

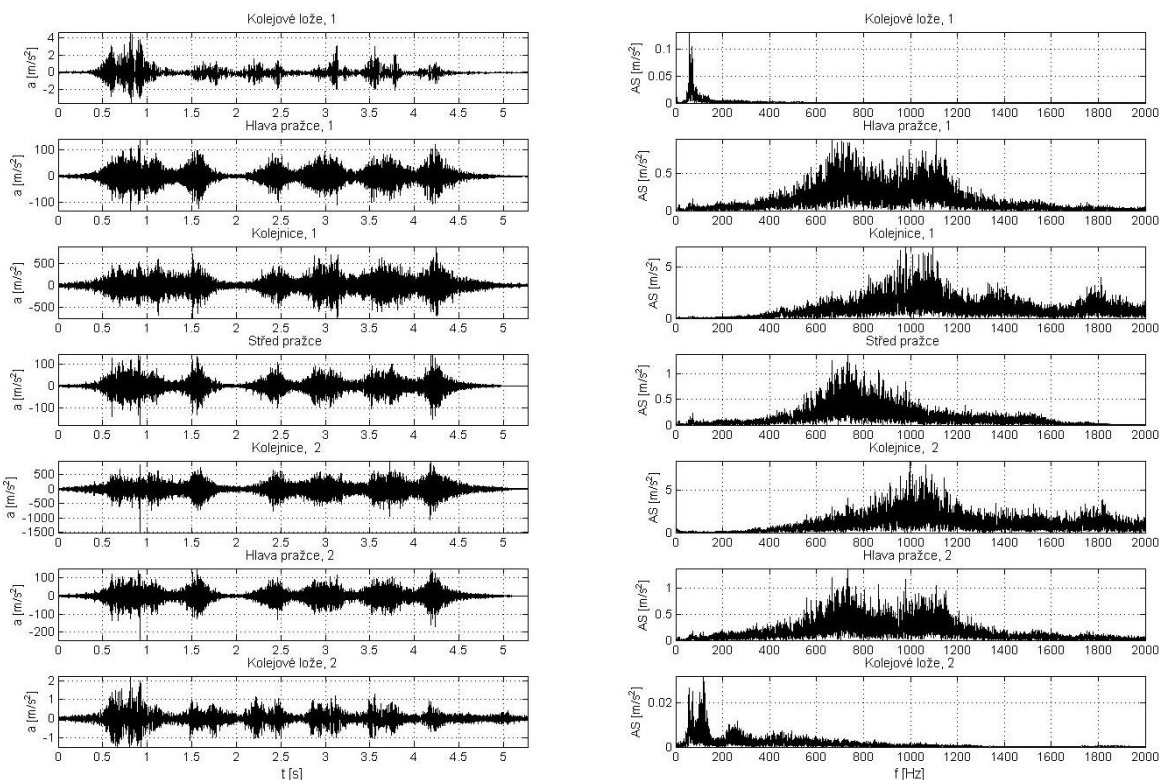
12.1.2 Vlakov R, 128km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 128km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 0,50mm



Obr. 68 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 128km/h

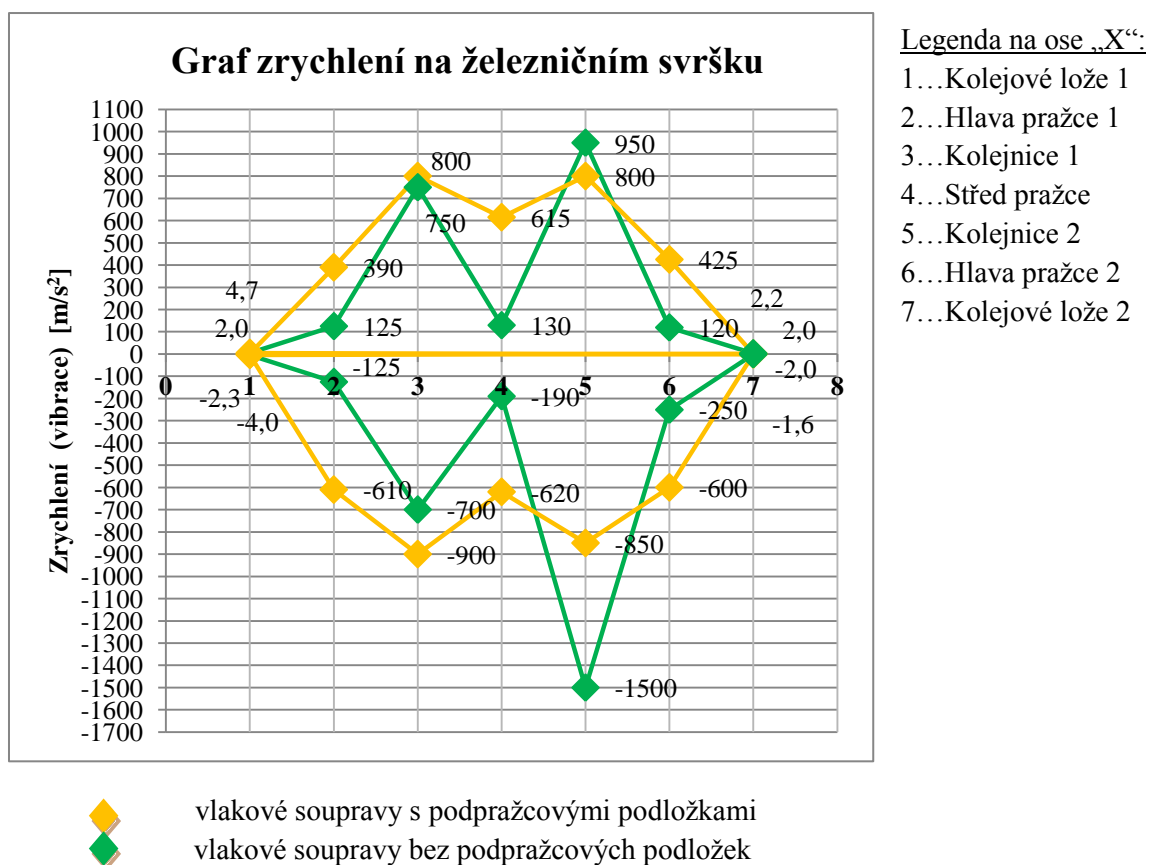
Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na kolejnici 1 s amplitudou +950 až -1500 m/s^2 a to pro kolejnici č. 2.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod kolejnicí č. 2, kde je hodnota zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 1000Hz, její hodnota činí 8,5 m/s^2 .

12.1.3 Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky R – 139km/h a R – 128km/h

	R – 139km/h		R – 128km/h	
	Max. s USP $a[m/s^2]$	Min. s USP $a[m/s^2]$	Max. bez USP $a[m/s^2]$	Min. bez USP $a[m/s^2]$
Kolejové lože L	4,7	-4,0	2,0	-2,3
Hlava pražce L	390	-610	125	-125
Kolejnice L	800	-900	750	-700
Střed pražce	615	-620	130	-190
Kolejnice P	800	-850	950	-1500
Hlava pražce P	425	-600	120	-250
Kolejové lože P	2,2	-1,6	2,0	-2,0



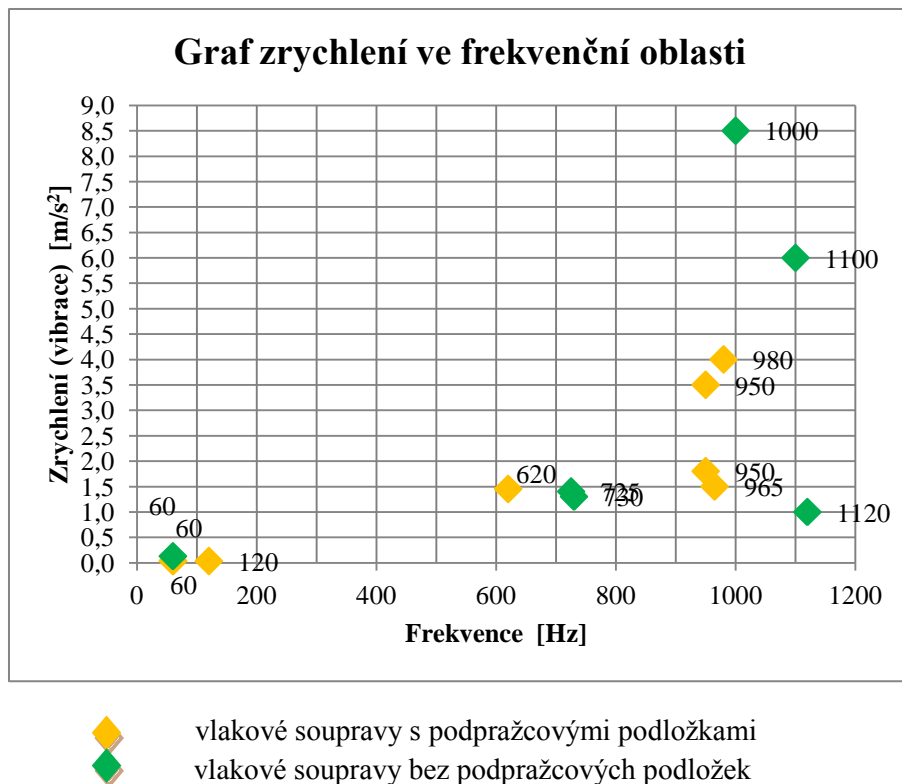
Obr. 69 Graf zrychlení v časové oblasti

Popis:

Vykreslený graf zrychlení vibrací v časové oblasti pro maximální zrychlení pro daný měřič v daném konstrukčním prvku. Jak si můžeme povšimnout, jsou největší kladné a záporné hodnoty na

patě kolejnice č. 1 pro vlakové soupravy bez podpražcových podložek, pro vlakové soupravy s podpražcovými podložkami je největší kladná hodnota u hlavy pražce a největší záporná hodnota pod patou kolejnice č. 1.

12.1.4 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky R – 139km/h a R – 128km/h



Obr. 70 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti

Popis:

Dle grafu zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti můžeme vyčíst, že maximální zrychlení vibrací pro vlakovou soupravu s podpražcovými podložkami nachází v oblasti mezi těsně pod hranicí 1000Hz, a to konkrétně 980Hz v maximálním zrychlení až $4,0\text{m/s}^2$ a to na patě kolejnice č. 2. Ohledně vlakové soupravy bez podpražcových podložek se maximální zrychlení nachází na frekvenci 1000Hz, jejíž hodnota je až $8,5\text{m/s}^2$ a to konkrétně na hlavě pražce. Na tomto grafu jde také vidět, že jsou maximální zrychlení vibrací pro úsek s podpražcovými podložkami rozmělněny do vysokého intervalu frekvencí.

12.2 Rychlíky R – 118km/h s podpražcovými podložkami a R – 120km/h bez podpražcových podložek

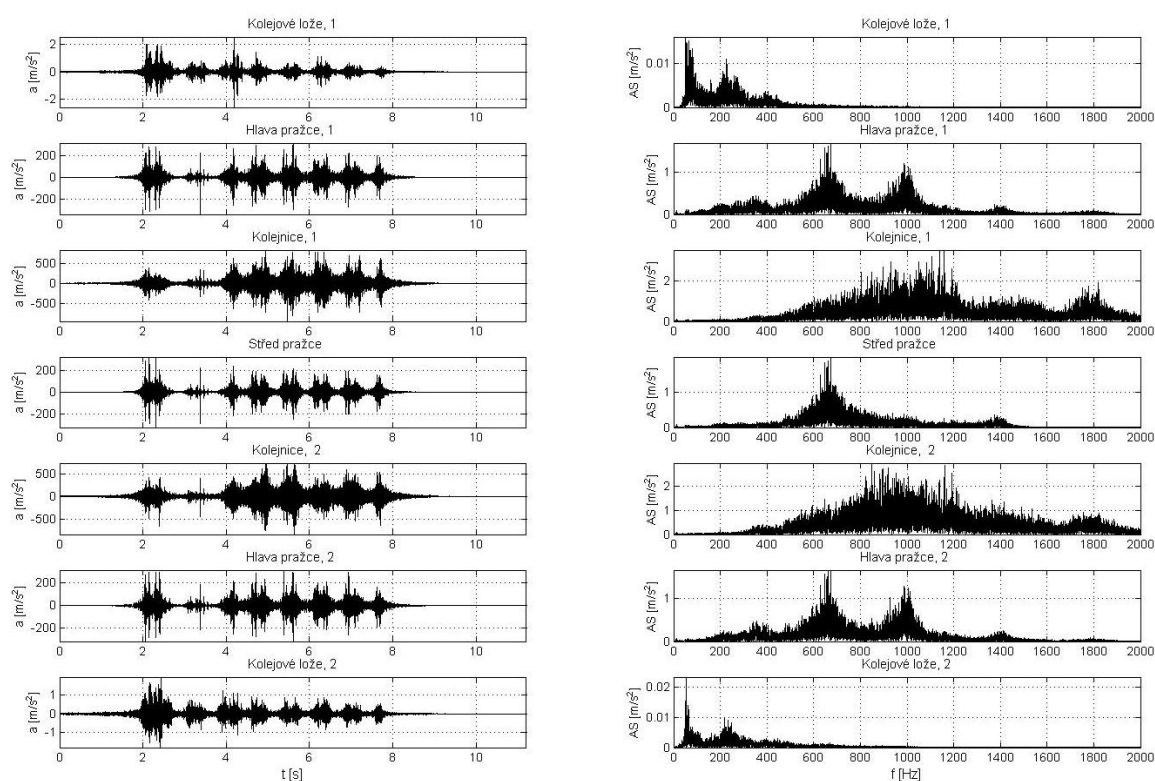
12.2.1 Vlak R, 118km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 139km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 1,26mm



Obr. 71 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 118km/h

Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na kolejnici 1 s amplitudou +750 až -1000 m/s^2 a to konkrétně na patě kolejnice č. 1.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod patou kolejnice č. 1, kde je hodnota zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 1180Hz, její hodnota činí 3,7 m/s^2 .

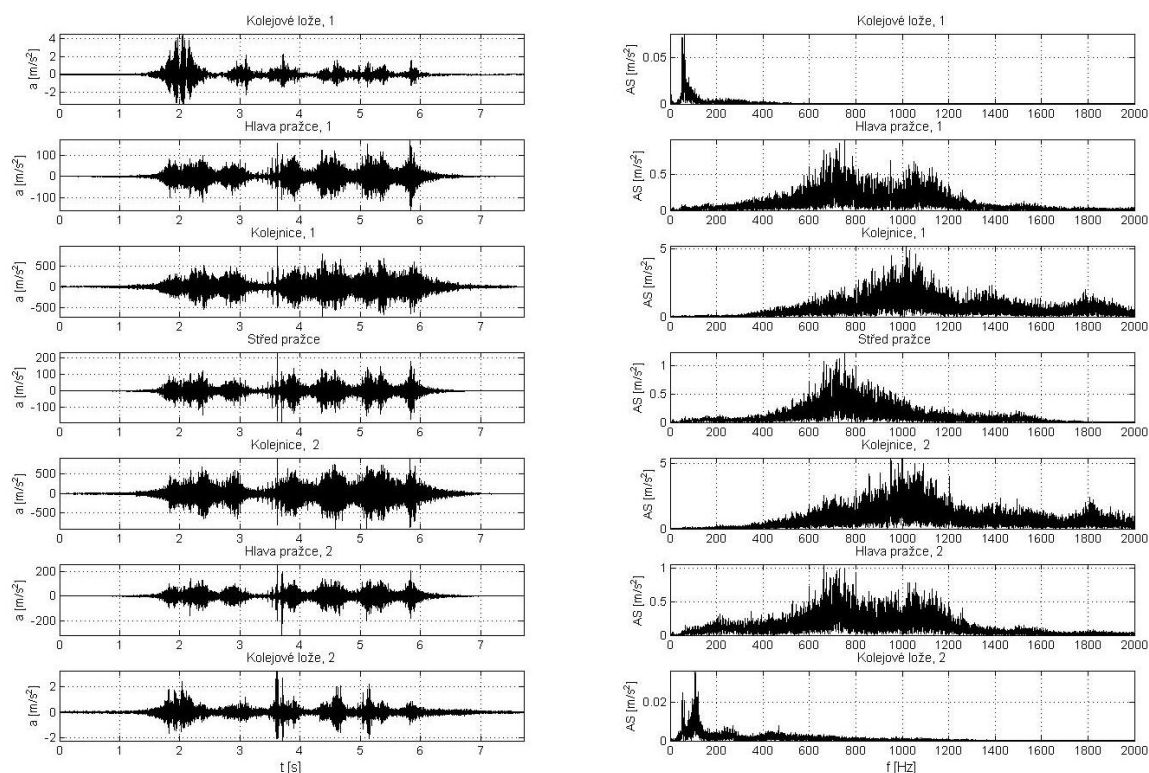
12.2.2 Vlak R, 120km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 128km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 0,61mm



Obr. 72 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 120km/h

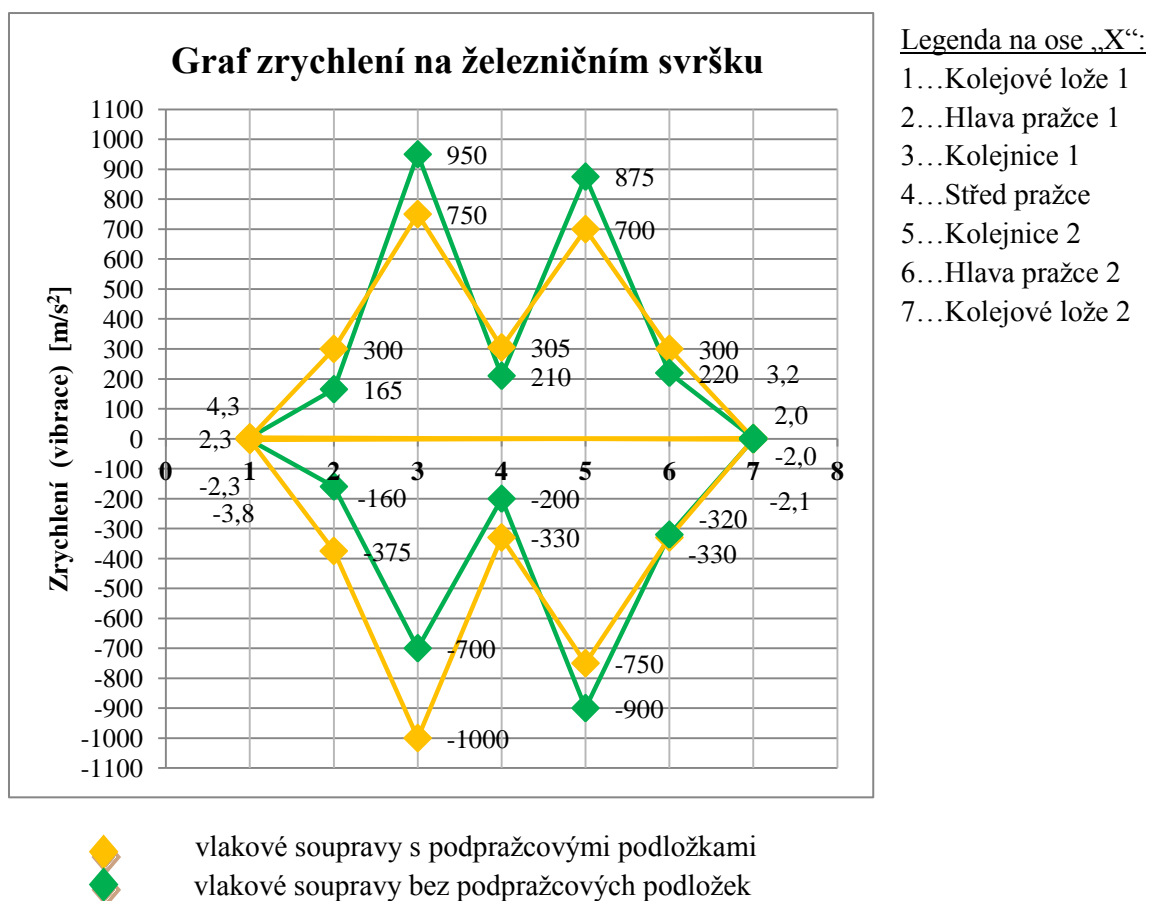
Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na kolejnici 1, kde byla maximální kladná hodnota a na patě kolejnice č. 2, kde byla maximální záporná hodnota, a to konkrétně +950 až -900 m/s^2 .

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod patou kolejnice č. 2, kde je hodnota zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 1000Hz, její hodnota činí 5,3 m/s^2 .

12.2.3 Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky R – 118km/h a R – 120km/h

	R – 118km/h		R – 120km/h	
	Max. s USP $a[m/s^2]$	Min. s USP $a[m/s^2]$	Max. bez USP $a[m/s^2]$	Min. bez USP $a[m/s^2]$
Kolejové lože L	4,3	-3,8	2,0	-2,3
Hlava pražce L	300	-375	125	-125
Kolejnice L	750	-1000	750	-700
Střed pražce	305	-330	130	-190
Kolejnice P	700	-750	950	-1500
Hlava pražce P	300	-330	120	-250
Kolejové lože P	3,2	-2,1	2,0	-2,0



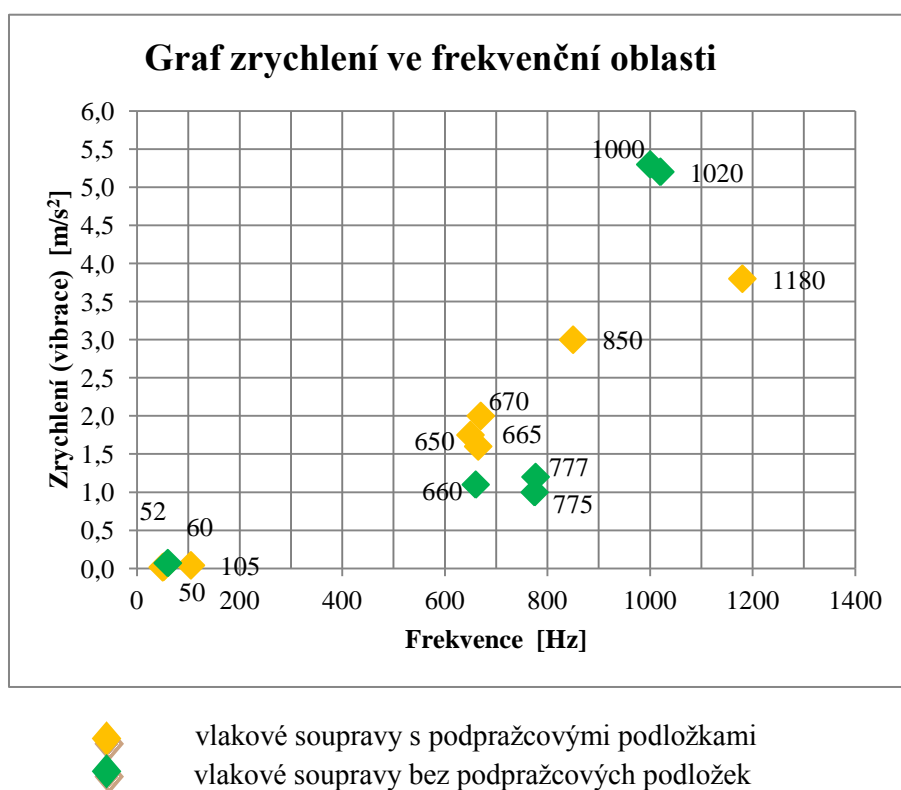
Obr. 73 Graf zrychlení v časové oblasti

Popis:

Vykreslený graf zrychlení vibrací v časové oblasti pro maximální zrychlení pro daný měřič v daném konstrukčním prvku. Jak si můžeme povšimnout, jsou největší kladné hodnoty na úseku bez podpražcových podložek a největší záporné hodnoty na úseku s podpražcovými podložkami.

Na rozdíl od předchozích grafů zrychlení vibrací v časové oblasti se dá říci, že oba úseky tj. jak úsek bez podpražcových podložek, tak úsek s podpražcovými podložkami mají velmi podobný průběh křivek zrychlení v časové oblasti. Jedná se o rychlíky s rychlostí kolem 120km/h a můžeme tedy říci, že zřejmý vliv podpražcových podložek je pravděpodobně zanedbatelný.

12.2.4 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky R – 118km/h a R – 120km/h



Obr. 74 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti

Popis:

Dle grafu zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti můžeme vyčíst, že maximální zrychlení vibrací pro vlakovou soupravu s podpražcovými podložkami nachází v oblasti mezi těsně pod hranicí 1200Hz, a to konkrétně 1180Hz v maximálním zrychlení až $3,7\text{m/s}^2$ a to na patě kolejnice č. 1. Ohledně vlakové soupravy bez podpražcových podložek se maximální zrychlení nachází na frekvenci 1000Hz, jejíž hodnota je až $5,3\text{m/s}^2$ a to konkrétně pod patou kolejnice č. 2. Na tomto grafu jde také vidět, že je poměrně velký shluk frekvencí v intervalu 650-850Hz pro zrychlení vibrací v intervalu $1,0\text{--}2,0\text{m/s}^2$.

12.3 Osobní vlaky Os – 52km/h s podpražcovými podločkami a Os – 54km/h bez podpražcových podložek

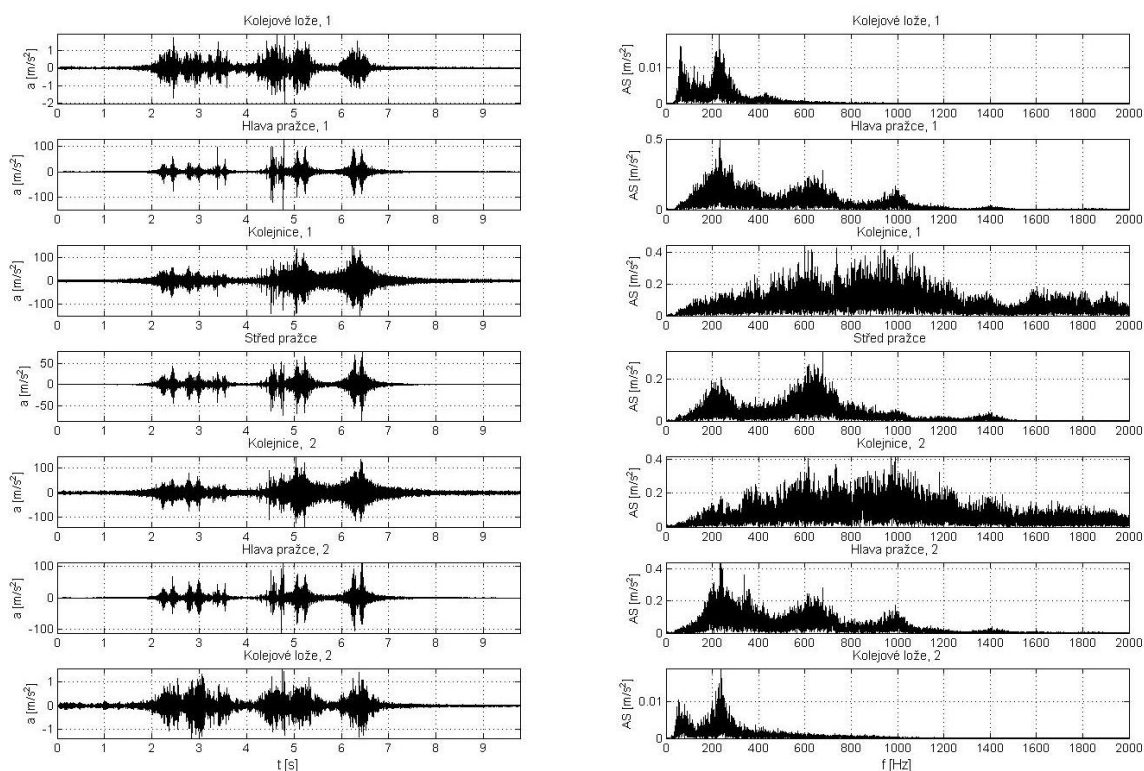
12.3.1 Vlak Os, 52km/h – s podpražcovými podločkami

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 52km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 1,33mm



Obr. 75 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 52km/h

Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na patě kolejnice 1 s amplitudou +135 až $-130m/s^2$.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Pro úsek s podpražcovými podločkami a pro tento typ vlakové soupravy se nachází nejvyšší hodnota v intervalu 220-235Hz a to konkrétně na hodnotě 225Hz s hodnotou zrychlení $0,5m/s^2$ avšak podobných hodnot zrychlení lze sledovat i na frekvenci 925Hz.

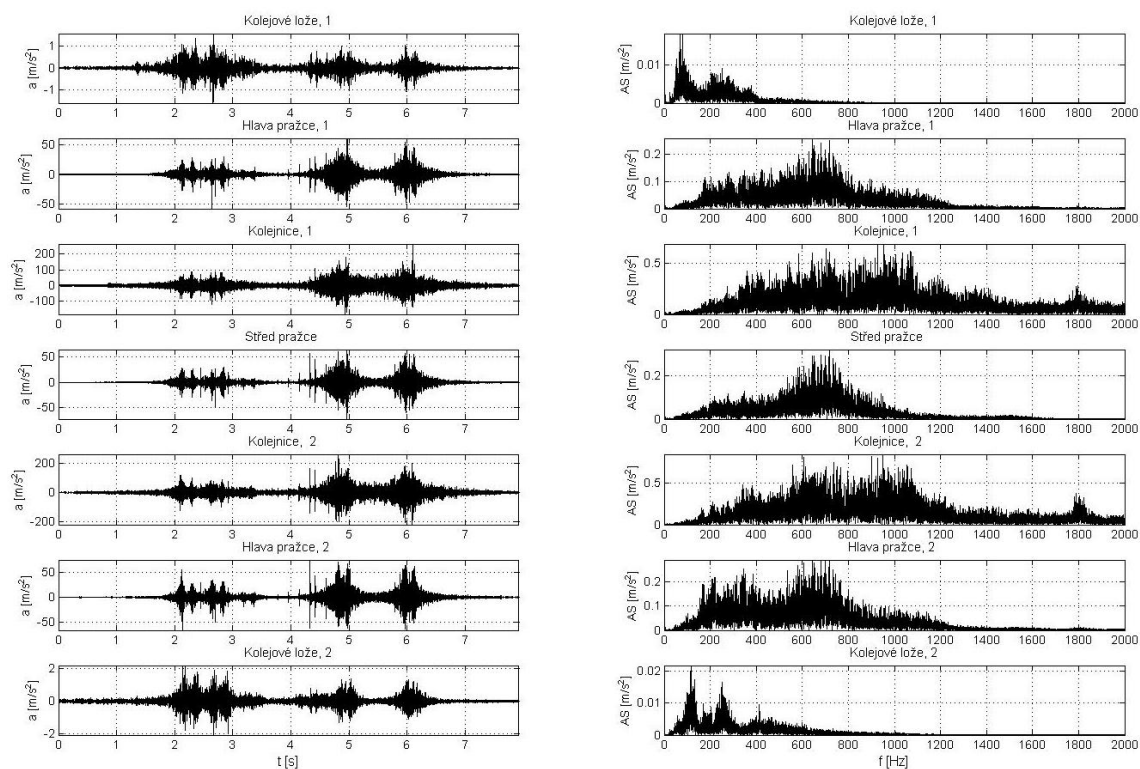
12.3.2 Vlák Os, 54km/h – bez podpražcových podložek

Vlák: Osobní vlák (Os)

Rychlost: 54km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 0,71mm



Obr. 76 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlák Os, 54km/h

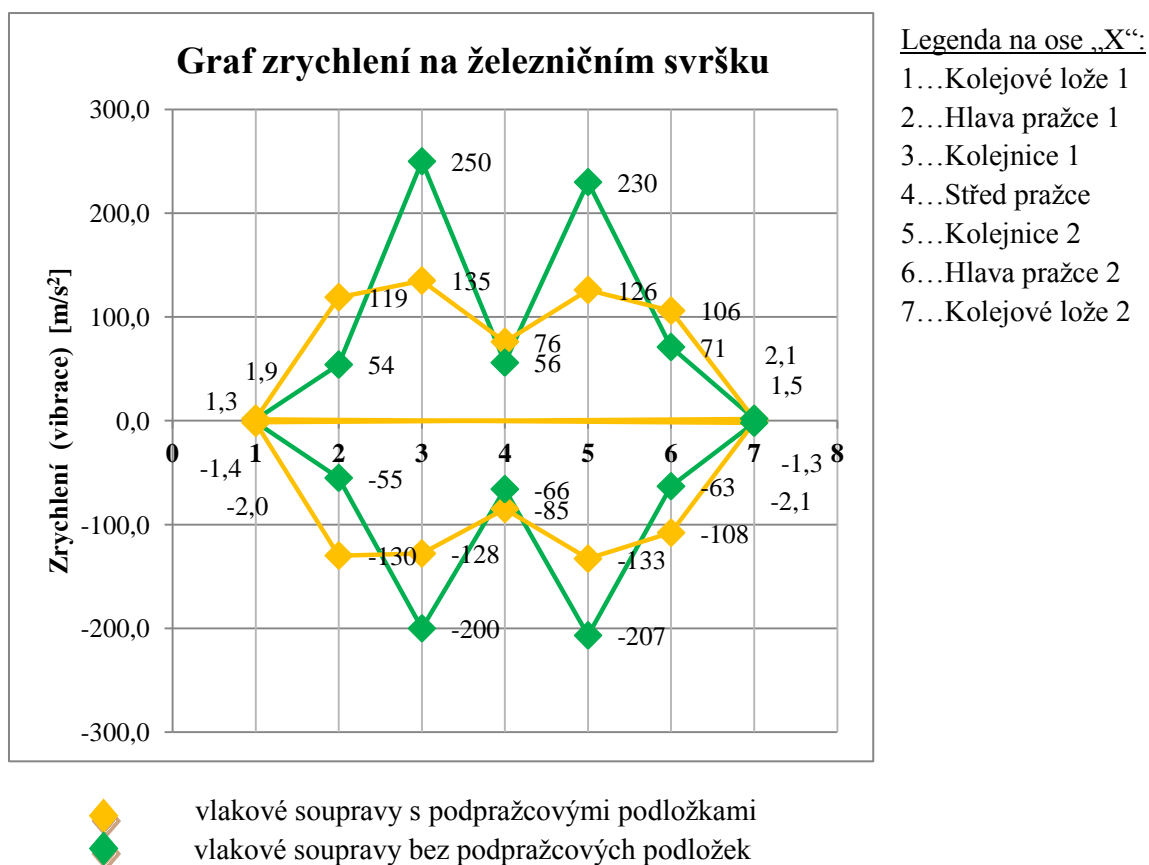
Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na patě kolejnice 1 s amplitudou +250 až $-207m/s^2$.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod patou kolejnice č. 2, kde je hodnota zrychlení vibrací ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 952Hz, její hodnota činí $0,9m/s^2$.

12.3.3 Graf zrychlení v časové oblasti pro osobní vlaky Os – 52km/h a Os – 54km/h

	Os – 52km/h		Os – 54km/h	
	Max. s USP $a[m/s^2]$	Min. s USP $a[m/s^2]$	Max. bez USP $a[m/s^2]$	Min. bez USP $a[m/s^2]$
Kolejové lože L	1,9	-2,0	1,4	-1,4
Hlava pražce L	119	-130	54	-55
Kolejnice L	135	-128	250	-200
Střed pražce	76	-85	56	-66
Kolejnice P	126	-133	230	-207
Hlava pražce P	106	-108	71	-63
Kolejové lože P	2,1	-2,1	1,5	-1,3



Obr. 77 Graf zrychlení v časové oblasti

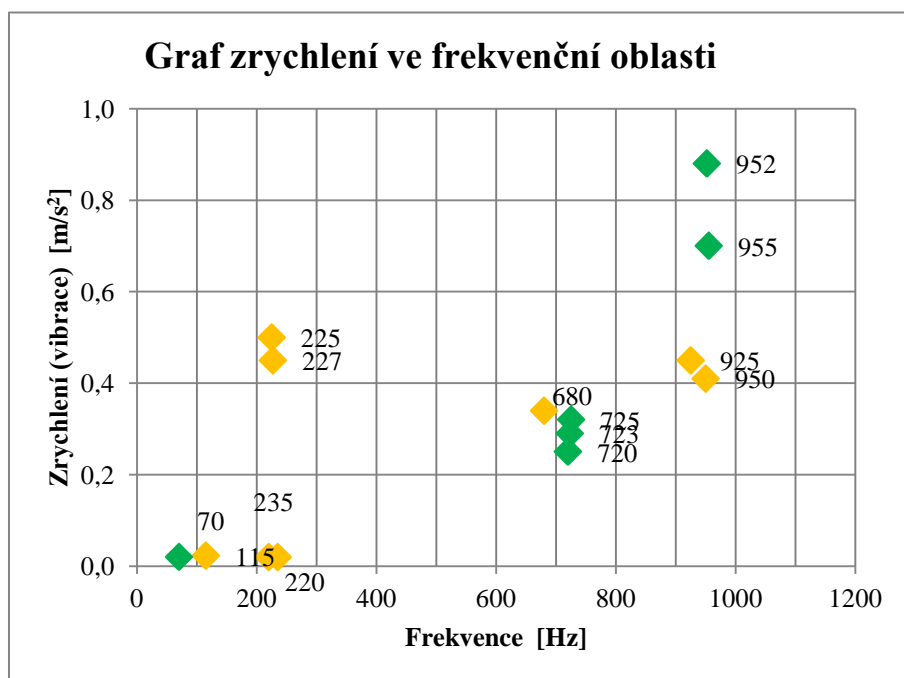
Popis:

Vykreslený graf zrychlení vibrací v časové oblasti pro maximální zrychlení pro daný měřič v daném konstrukčním prvku. Jak si můžeme povšimnout, jsou největší kladné i záporné hodnoty na úseku bez podpražcových podložek.

Jak si můžeme povšimnout, tak zrychlení vibrací v časové oblasti je rovnoměrnější pro úsek s podpražcovými podložkami.

Pro úsek bez podpražcových podložek jsou největší hodnoty zrychlení vibrací pod oběma kolejnicemi. Rozdíl těchto maxim zrychlení je přibližně dvojnásobný při porovnání úseků s podpražcovými podložkami oproti úseku bez podpražcových podložek.

12.3.4 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro osobní vlaky Os – 52km/h a Os – 54km/h



vlakové soupravy s podpražcovými podložkami

vlakové soupravy bez podpražcových podložek

Obr. 78 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti

Popis:

Dle grafu zrychlení ve frekvenční oblasti můžeme vyčíst, že maximální zrychlení vibrací pro vlakovou soupravu bez podpražcových podložek nachází v oblasti mezi těsně nad 950Hz hodnotou a to konkrétně 952Hz s maximálním zrychlením až $0,9\text{m/s}^2$ a to na patě kolejnice č. 2. Ohledně vlakové soupravy s podpražcovými podložkami se maximální zrychlení nachází na frekvenci 225Hz, jejíž hodnota je až $0,5\text{m/s}^2$ a to konkrétně na hlavě pražce č. 1. Na tomto grafu jde také vidět, že se graf rozdělil do tří intervalů, a to 220-235Hz, 680-720Hz a 925-955Hz.

12.4 Osobní vlaky Os – 90km/h s podpražcovými podločkami a Os – 87km/h bez podpražcových podložek

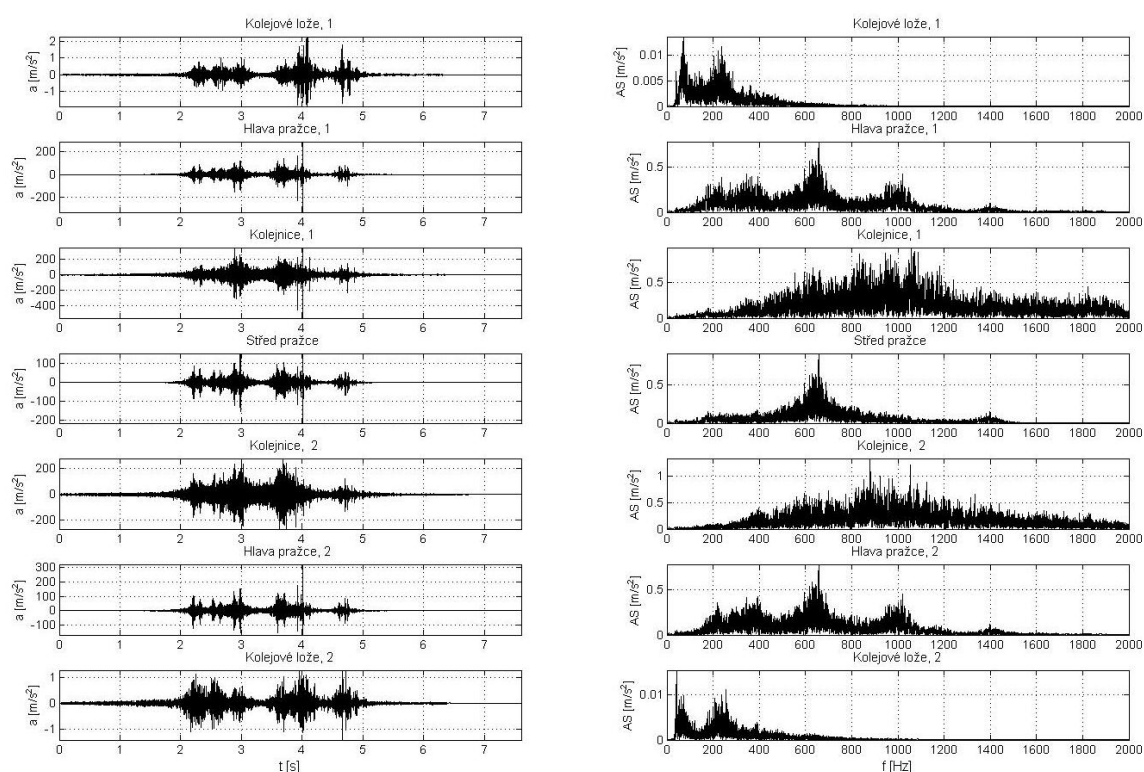
12.4.1 Vlak Os, 90km/h – s podpražcovými podločkami

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 52km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 1,27mm



Obr. 79 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 90km/h

Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na kolejnici 1 s amplitudou +315 až $-590m/s^2$ na patě kolejnice č. 1.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Pro úsek s podpražcovými podločkami a pro tento typ vlakové soupravy jsou frekvence na konstrukčních prvcích pražce poměrně rozmělněny. Nejvyšší hodnota je na hranici 870Hz při nejvyšší zrychlení vibrací až $1,4m/s^2$.

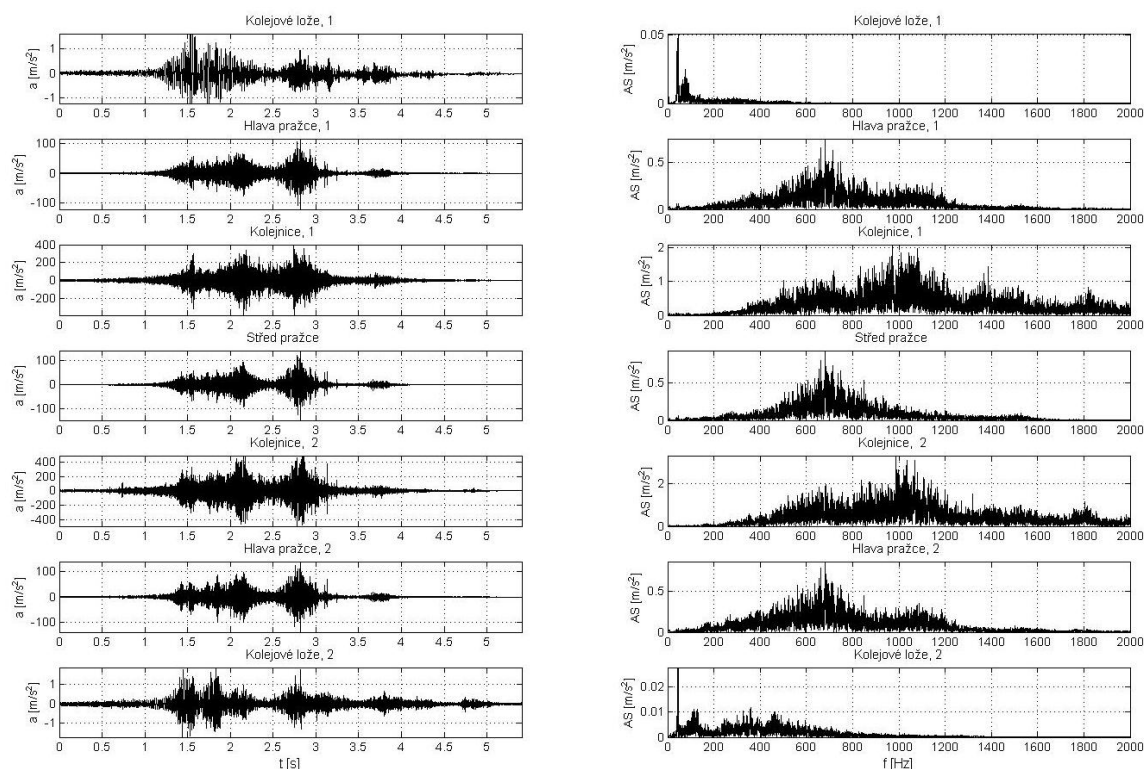
12.4.2 Vlak Os, 87km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 87km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 0,81mm



Obr. 80 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 87km/h

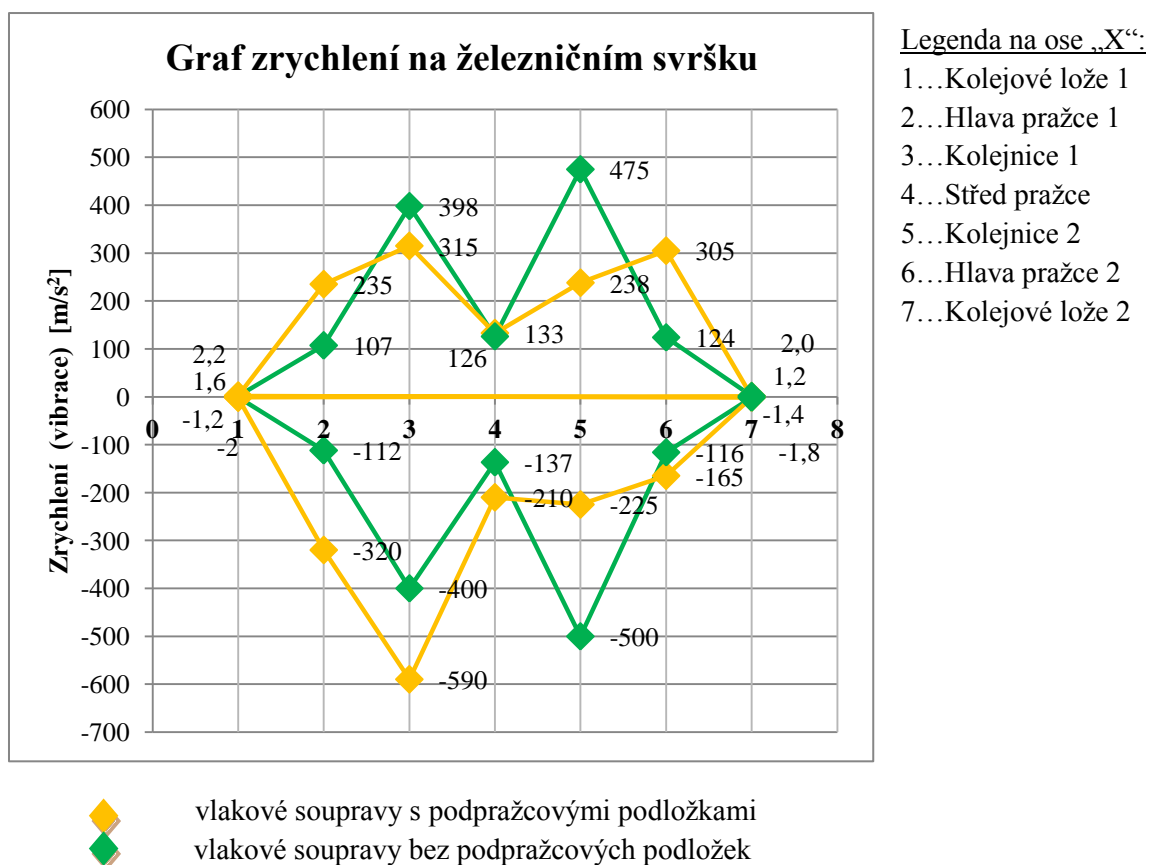
Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo na kolejnici 1 s amplitudou +475 až $-500m/s^2$. Nejvyšší kladné i záporné hodnoty se nachází na kolejnici č. 2.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod kolejnicí č. 2, kde je hodnota zrychlení ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 990Hz, její hodnota činí $3,2m/s^2$.

12.4.3 Graf zrychlení v časové oblasti pro osobní vlaky Os – 90km/h a Os – 87km/h

	Os – 90km/h		Os – 87km/h	
	Max. s USP $a[m/s^2]$	Min. s USP $a[m/s^2]$	Max. bez USP $a[m/s^2]$	Min. bez USP $a[m/s^2]$
Kolejové lože L	2,2	-2,0	1,6	-1,2
Hlava pražce L	235	-320	107	-112
Kolejnice L	315	-590	398	-400
Střed pražce	133	-210	126	-137
Kolejnice P	238	-225	475	-500
Hlava pražce P	305	-165	124	-116
Kolejové lože P	2,0	-1,8	1,2	-1,4



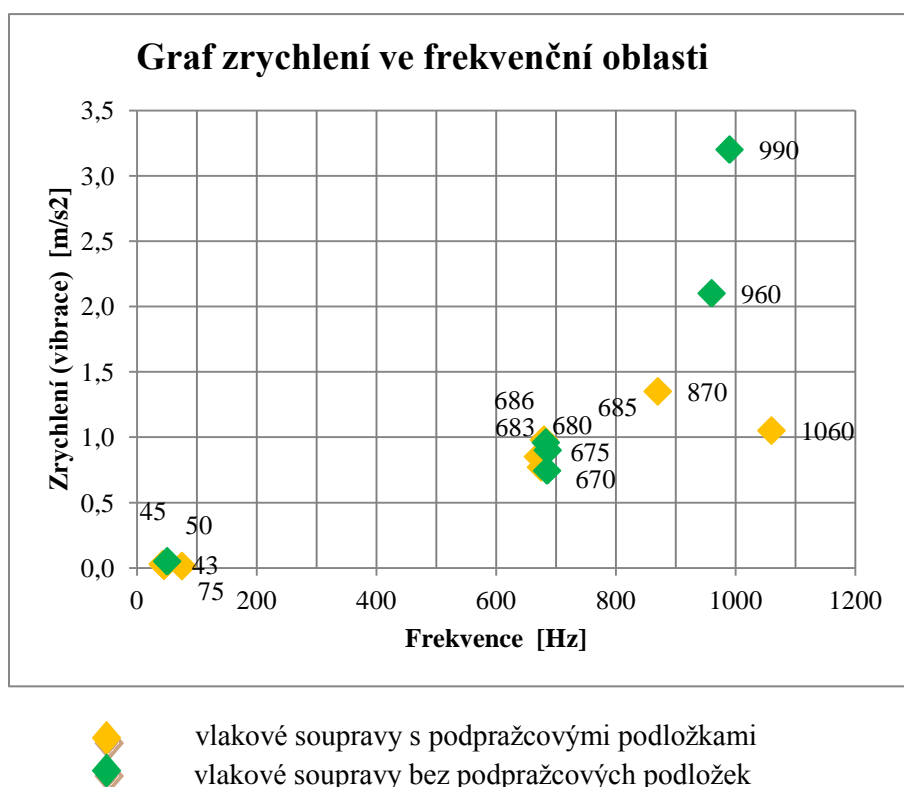
Obr. 81 Graf zrychlení v časové oblasti

Popis:

Vykreslený graf zrychlení v časové oblasti pro maximální zrychlení pro daný měřič v daném konstrukčním prvku. Jak si můžeme povšimnout, oba grafy jsou si vzdáleně podobné. Není zde příliš velký rozdíl mezi úsekem bez a s podpražcovými podložkami.

Pro úsek s podpražcovými podložkami lze přece jen vidět rovnoměrnější rozložení zrychlení vibrací.

12.4.4 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro osobní vlaky Os – 90km/h a Os – 87km/h



Obr. 82 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti

Popis:

Dle grafu zrychlení ve frekvenční oblasti můžeme vyčíst, že maximální zrychlení vibrací pro vlakovou soupravu s podpražcovými podložkami se nachází na frekvenci 870Hz a její hodnota činí $1,4\text{m/s}^2$. Dále si lze povšimnout rovnoměrnějšího rozložení frekvencí pro zrychlení od 43Hz do 1060Hz kde na konstrukčních prvcích pražce byly naměřeny maximální hodnoty.

Pro úsek bez podpražcových podložek je maximální hodnota zrychlení při frekvenci 990Hz a to $3,2\text{m/s}^2$.

Největší shluk frekvencí se nachází v intervalu od 670Hz do 686Hz, konkrétně 6 hodnot maxim.

13. Výstupy z měření – oblast Planá nad Lužnicí – zrychlení vibrací

13.1 Osobní vlaky Os – 93-98km/h s podpražcovými podložkami a Os – 85-90km/h bez podpražcových podložek

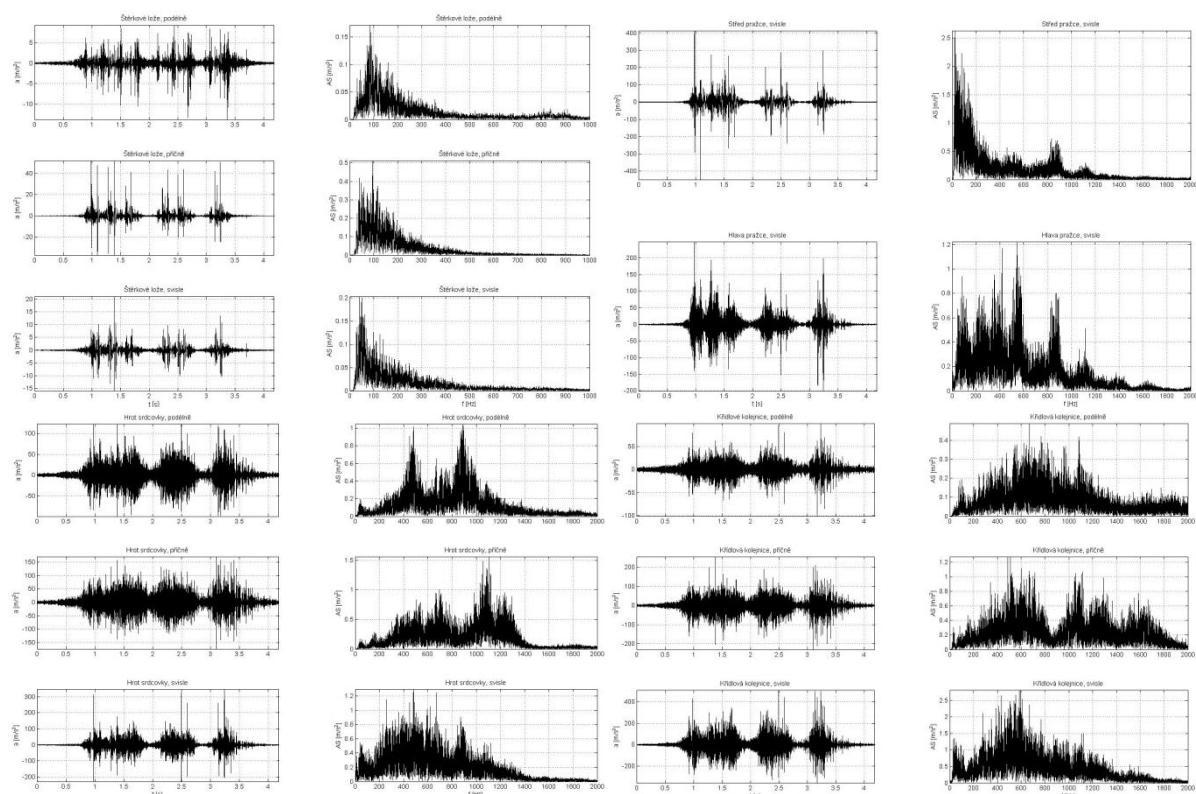
13.1.1 Vlak Os, 93-98km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Osobní vlak (Os)

Rychlost: 93-98km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 2,96mm



Obr. 83 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak Os, 93-98km/h

Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo ve středu pražce s amplitudou $+415$ až $-465 m/s^2$, tuto hodnotu jsem vybral, protože byla nejvýraznější ze všech hodnot na konstrukci pražce a to konkrétně ve středu pražce.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejvyšší hodnota se nachází, jak i u zrychlení v časové oblasti, pod středem pražce při frekvenci 31Hz s hodnotou zrychlení $2,7 m/s^2$.

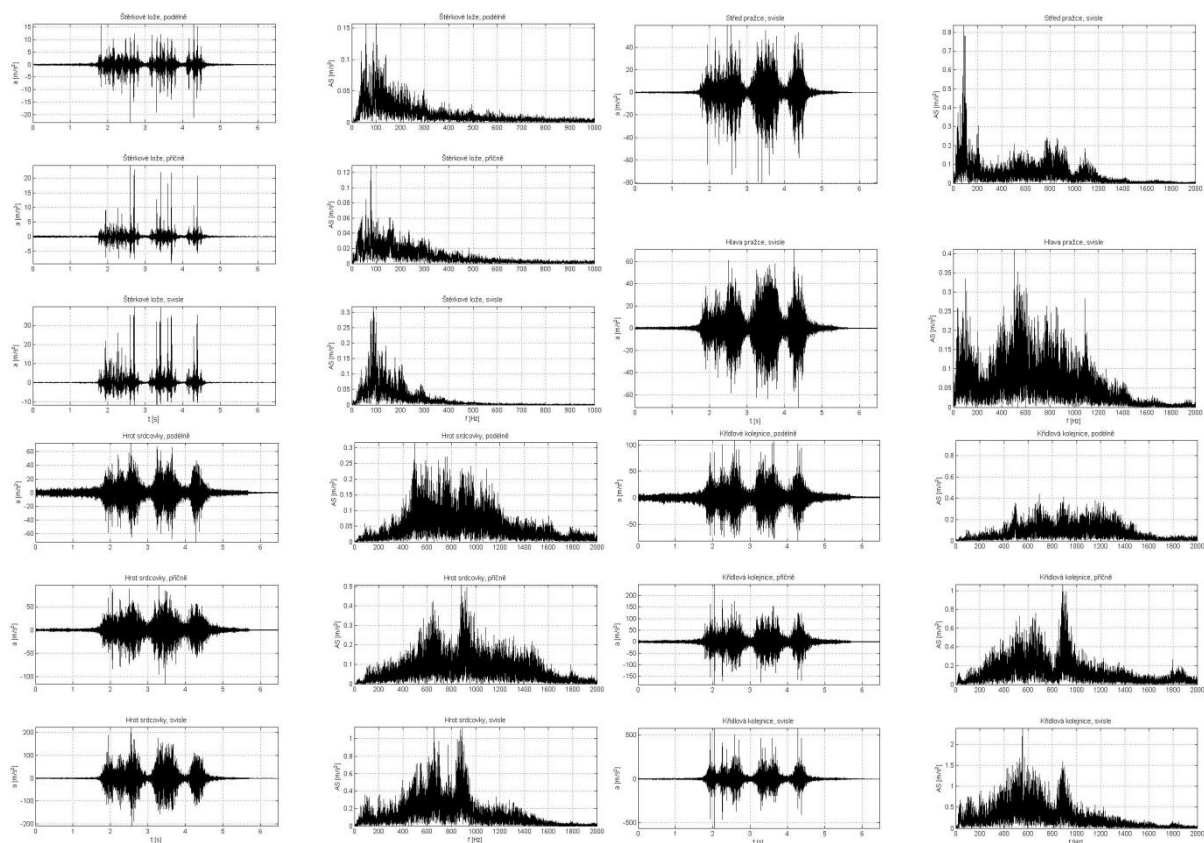
13.1.2 Vlák Os, 85-90km/h – bez podpražcových podložek

Vlák: Osobní vlák (Os)

Rychlost: 85-90km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 2,50mm



Obr. 84 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlák Os, 85-90km/h

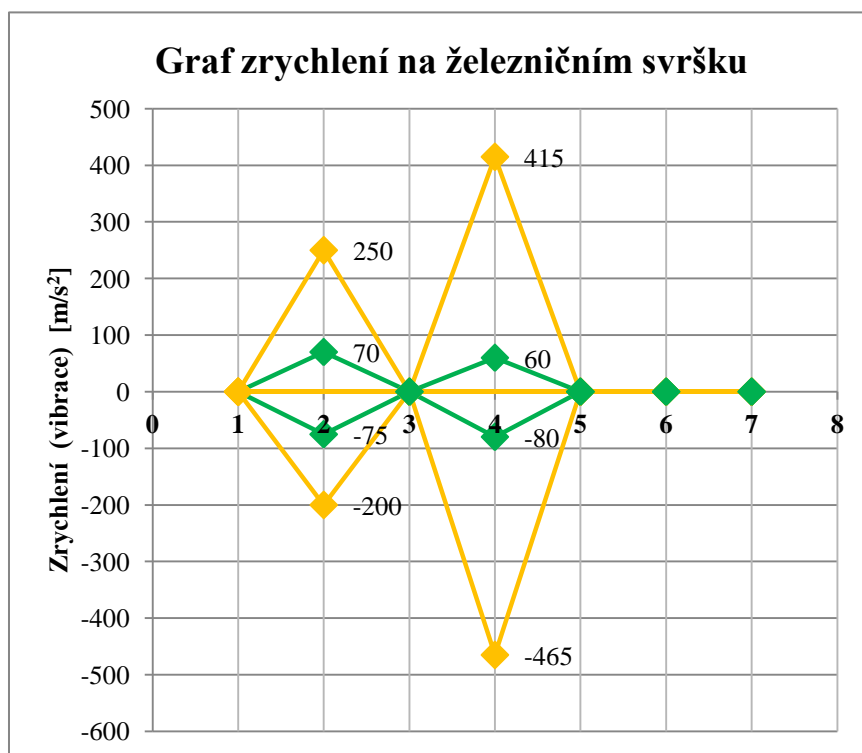
Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo s přibližně stejnými hodnotami na dvou částech pražce a to pod hlavou pražce a středem pražce. Interval se nacházel v rozpětí +70 až -80Hz.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod křídlovou kolejnicí, kde je hodnota zrychlení ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 570Hz, její hodnota činí $2,5m/s^2$.

13.1.3 Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky Os – 93-98km/h a Os – 85-90km/h

	Os – 93-98km/h		Os – 85-90km/h	
	Max. s USP $a[m/s^2]$	Min. s USP $a[m/s^2]$	Max. bez USP $a[m/s^2]$	Min. bez USP $a[m/s^2]$
Hlava pražce L	250	-200	70	-60
Střed pražce	415	-465	-75	-80



Legenda na ose „X“:

2...Hlava pražce 1

4...Střed pražce

Poznámka:

Byly vybrány hodnoty, kde byl rozdíl frekvencí (zrychlení) pro úseky bez a s podpražcovými podložkami větší než dvojnásobek tak, aby byl vidět opravdu patrný rozdíl.



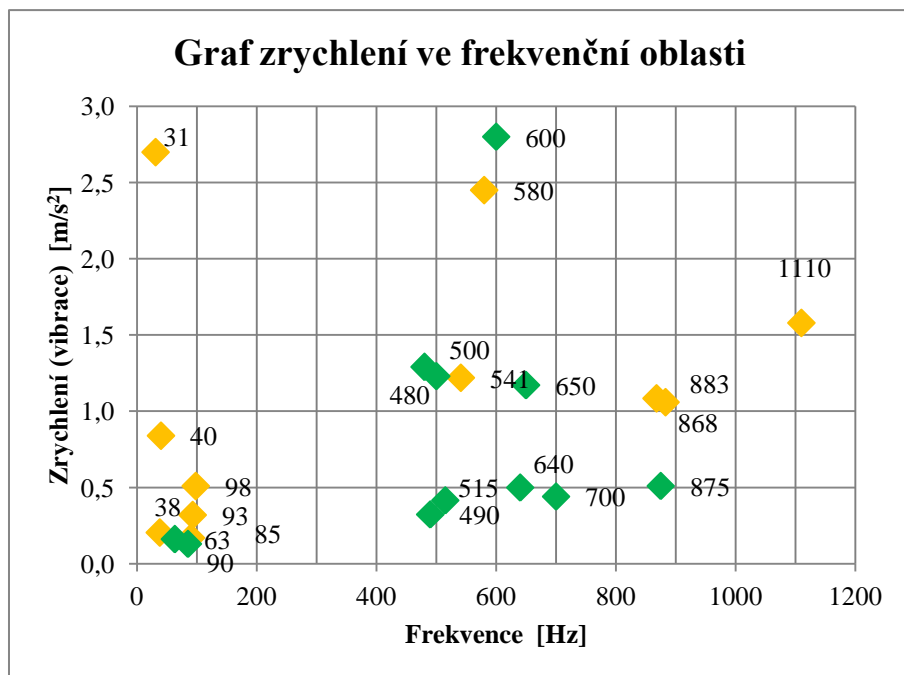
vlakové soupravy s podpražcovými podložkami
vlakové soupravy bez podpražcových podložek

Obr. 85 Graf zrychlení v časové oblasti

Popis:

Vykreslený graf zrychlení v časové oblasti pro maximální zrychlení pro daný měřič v daném konstrukčním prvku. Jak si můžeme povšimnout, jsou největší kladné a záporné hodnoty na patě kolejnice č. 1 pro vlakové soupravy bez podpražcových podložek, pro vlakové soupravy s podpražcovými podložkami je největší kladná hodnota u hlavy pražce a největší záporná hodnota pod patou kolejnice č. 1.

13.1.4 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky Os – 93-98km/h a Os – 85-90km/h



vlakové soupravy s podpražcovými podločkami
vlakové soupravy bez podpražcových podložek

Obr. 86 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti

Popis:

Dle grafu zrychlení ve frekvenční oblasti můžeme vyčíst, že maximální zrychlení vibrací pro vlakovou soupravu s podpražcovými podločkami se nachází na frekvenci 31Hz a její hodnota činí $2,7\text{m/s}^2$. Dále si lze povšimnout rovnoměrnějšího rozložení frekvencí pro zrychlení do $1,5\text{m/s}^2$ a to pro frekvence od 38Hz do 1100Hz.

Pro úsek bez podpražcových podložek je maximální hodnota zrychlení při frekvenci 600Hz a to $2,8\text{m/s}^2$.

13.2 Rychlíky R – 115km/h s podpražcovými podložkami a R – 118km/h bez podpražcových podložek

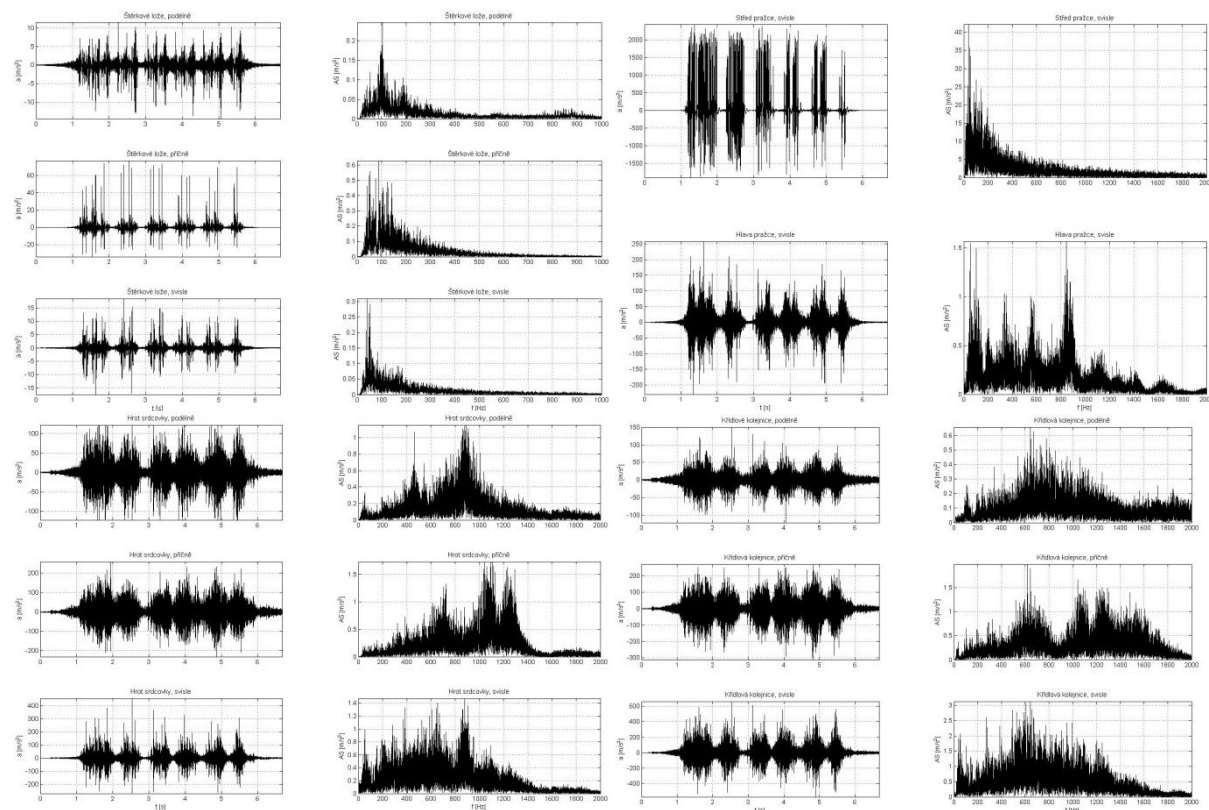
13.2.1 Vlak Os, 115km/h – s podpražcovými podložkami

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 115km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 3,01mm



Obr. 87 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 115km/h

Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo pod středem pražce a to s amplitudou +2475 až -1950 m/s^2 . Je to hodnota poměrně vysoká oproti všem předchozím měřením či grafům. Je možné, že je to chybný výsledek, či je ovlivněn jinak, např. špatným uchycením čidel.

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Největší hodnota je opět pod středem pražce, kde její max. hodnota je až 42 m/s^2 , tato hodnota nebyla dána do grafu v Obr. 77. Je to velmi vysoká hodnota.

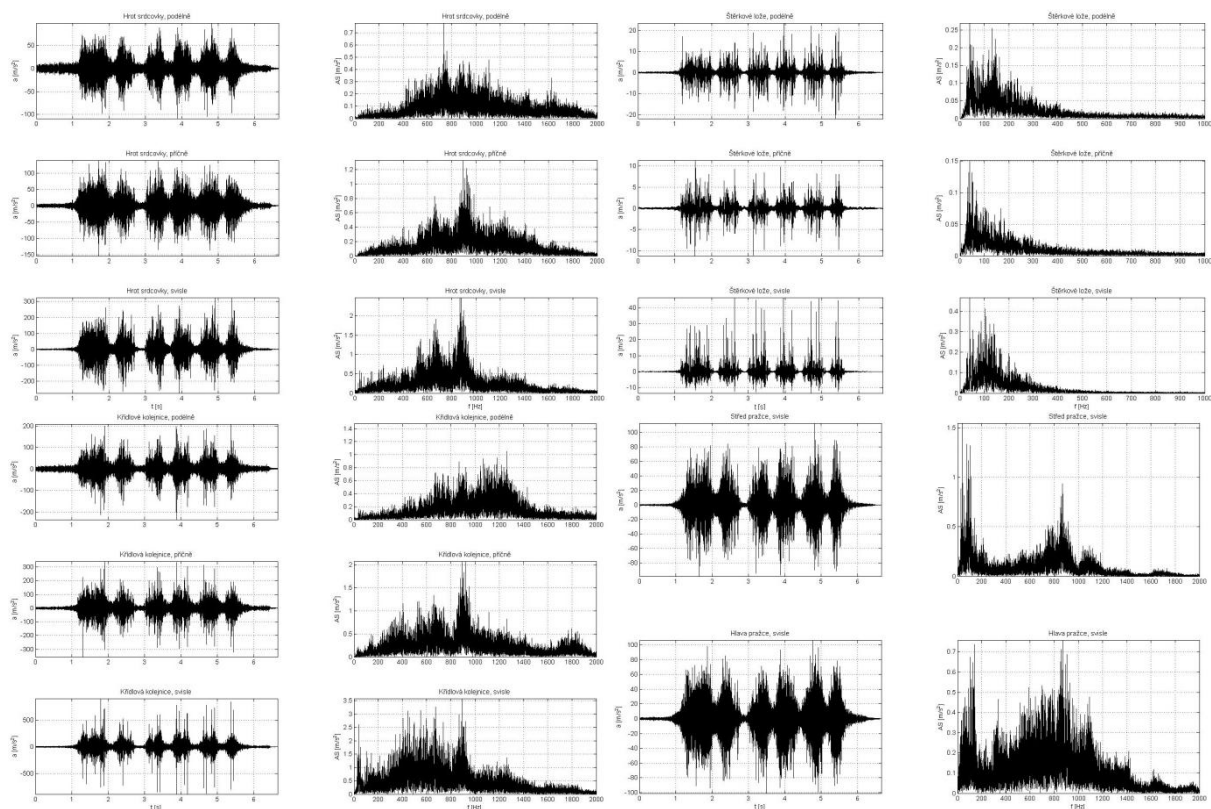
13.2.2 Vlak Os, 118km/h – bez podpražcových podložek

Vlak: Rychlík (R)

Rychlost: 118km/h

Oblast: Planá nad Lužnicí

Max. posun: 2,68mm



Obr. 88 Zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti na koleji Planá nad Lužnicí pro vlak R, 118km/h

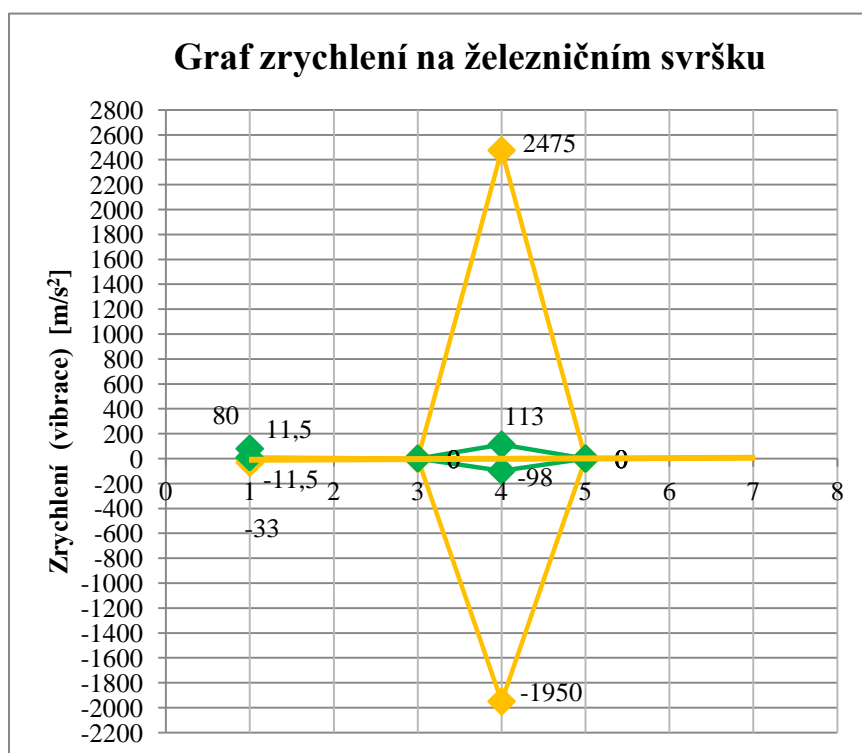
Popis:

Zrychlení $a[m/s^2]$ v časové oblasti – Zde si můžeme všimnout, že největší zrychlení probíhalo pod středem pražce s amplitudou +113 až -98 m/s^2 .

Zrychlení $a[m/s^2]$ ve frekvenční oblasti – Nejzajímavějších hodnot je možno vidět pod středem pražce, kde je hodnota zrychlení ve frekvenční oblasti nejvyšší při frekvenci 635Hz, její hodnota činí 3,2 m/s^2 .

13.2.3 Graf zrychlení v časové oblasti pro rychlíky R – 115km/h a R – 118km/h

	Os – 93-98km/h		Os – 85-90km/h	
	Max. s USP $a[m/s^2]$	Min. s USP $a[m/s^2]$	Max. bez USP $a[m/s^2]$	Min. bez USP $a[m/s^2]$
Kolejové lože L	11,5	-11,5	80	-33
Střed pražce	2475	-1950	113	-98



Legenda na ose „X“:

1...Kolejové lože 1

4...Střed pražce

Poznámka:

Byly vybrány hodnoty, kde byl rozdíl frekvencí (zrychlení) pro úseky bez a s podpražcovými podložkami větší než dvojnásobek tak, aby byl vidět opravdu patrný rozdíl.



vlakové soupravy s podpražcovými podložkami

vlakové soupravy bez podpražcových podložek

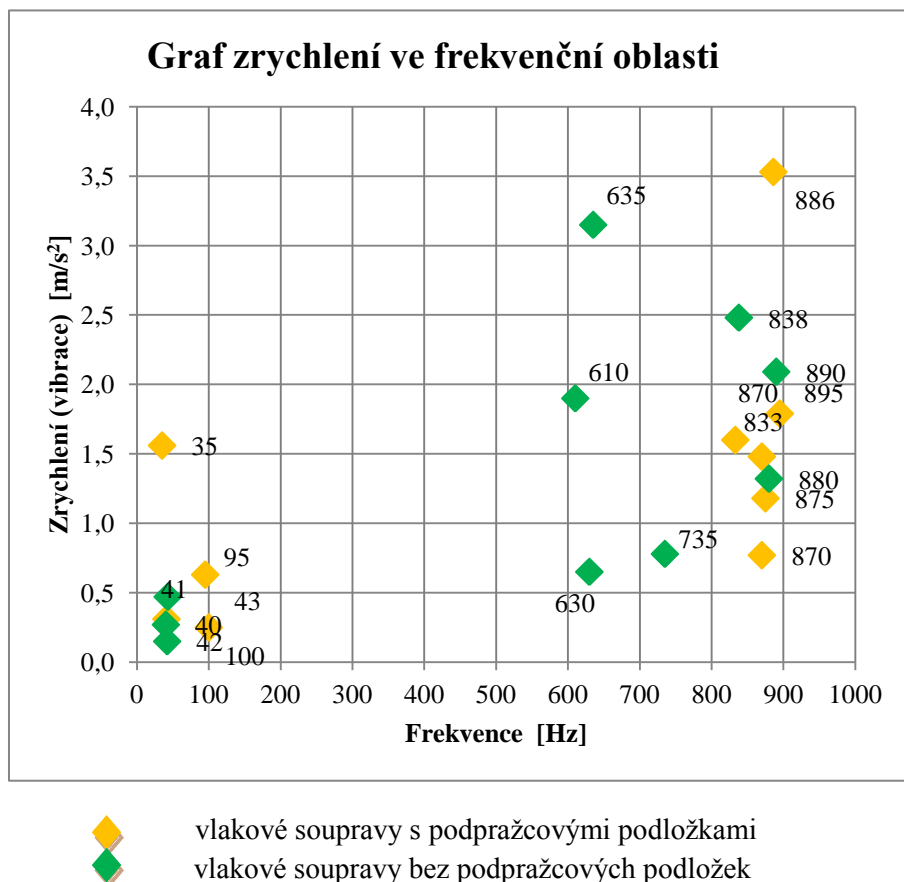
Obr. 89 Graf zrychlení v časové oblasti

Popis:

Vykreslený graf zrychlení v časové oblasti pro maximální zrychlení pro daný měřič v daném konstrukčním prvku. Jak si můžeme povšimnout, jsou největší kladné a záporné hodnoty pod středem pražce pro vlakové soupravy s podpražcovými podložkami, pro vlakové soupravy bez podpražcových podložek je největší kladná i záporná hodnota pod středem pražce.

Dále si můžeme povšimnout intervalu zrychlení vibrací pro vlakovou soupravu s podpražcovými podložkami pod středem pražce a to s hodnotami +2475 až -1950 m/s^2 . Tyto hodnoty jsou nadmíru velké oproti ostatním měřením, můžeme se domnívat, že je možné, že nastala chyba v přístroji, měření či špatným zpracováním dat, nebo jsou tyto výsledky opravdu skutečné.

13.2.4 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti pro rychlíky R – 115km/h a R – 118km/h



Obr. 90 Graf zrychlení ve frekvenční oblasti

Popis:

Dle grafu zrychlení ve frekvenční oblasti můžeme vyčíst, že maximální zrychlení vibrací pro vlakovou soupravu s podpražcovými podločkami se nachází na frekvenci 886Hz a její hodnota činí $3,5\text{m/s}^2$.

Pro úsek bez podpražcových podloček je maximální hodnota zrychlení při frekvenci 635Hz a to $3,2\text{m/s}^2$.

Dále si můžeme povšimnout velkého shluku frekvencí v oblasti mezi 833 – 895Hz pro zrychlení vibrací od $0,8$ do $3,5\text{m/s}^2$ pro všechny prvky na konstrukcích výhybky.

14. Zhodnocení

14.1 Analýza pro úsek Havlíčkův Brod - posuny

Posuny byly zaznamenány na obou úsecích jak bez tak s podpražcovými úseky. Co se týče posunů s podpražcovými podločkami, mohou být výsledky ovlivněny pružnými vlastnostmi podložek. Jsou porovnány vlakové soupravy, které mají téměř shodnou rychlost průjezdu a podobný počet náprav.

Zde si můžeme povšimnout podobných průběhů posunů jak pro osobní vlaky, tak i pro rychlíky. Je patrné, že pro úsek s podpražcovými podločkami jsou posuny rovnoměrnější s největšími posuny pod kolejnicemi.

Dále je vidět, že čím vyšší rychlost, tím jsou větší posuny pro úsek bez podpražcových podložek, co se týče úseku s podpražcovými úseky, jsou pro oba druhy vlaků, tj. jak pro osobní tak pro rychlostní, poměrně stejné posuny, cca kolem 2,5mm. Může to být zapříčiněno, jak jsem již psal, vlivem podpražcových podložek.

14.2 Analýza pro úsek Planá nad Lužnicí – posuny

Posuny byly zaznamenány na čtyřech druzích vlakových souprav. Konkrétně pro 2 typy osobních vlaků a 2 typy rychlostních vlaků. Po prozkoumání všech srovnávacích grafů posunů můžeme zaznamenat, že čím vyšší rychlost průjezdu, tím menší velikost posunů pro úsek bez podpražcových podložek. Co se týče úseků s podpražcovými podločkami, lze vidět, že jsou posuny téměř totožné s maximálními hodnotami posunů vždy okolo 1,3mm. Dá se tedy říci, že s podpražcovými podločkami je rozložení posunů rovnoměrnější na kolejovém roštu. Rozdíl mezi posuny bez a s podpražcovými podločkami je cca 0,5-0,8mm, což je možný důsledek použití podpražcových podložek.

14.3 Analýza pro úsek Planá nad Lužnicí, výhybka – posuny

Posuny byly měřeny na dvou typech vlakových souprav, a to na osobním a rychlostním vlaku. Ohledně posunů na úseku s podpražcovými podločkami lze vidět stejný průběh posunů jak pro osobní tak pro rychlík s maximálním posunem 3mm. Pro úsek bez podpražcových podložek je průběh posunů opět téměř totožný pro oba typy vlaků s maximálním posunem cca 2,7mm. Co se týče porovnání průběhů bez a s podpražcovými podločkami, jsou oba grafy posunutí naprosto odlišné, dalo by se říci, že nemají žádný společný bod, ani poměrově.

14.4 Analýza pro úsek Havlíčkův Brod – zrychlení vibrací

Pro analýzu zrychlení byly použity dva druhy grafů, zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti. Pro oba druhy vlakových souprav, tj. pro osobní a rychlíky platí, že čím vyšší rychlost, tím větší zrychlení vibrací v časové oblasti pro vlaky bez podpražcových podložek.

S podpražcovými podložkami jsou frekvence téměř poloviční oproti úseku bez podpražcových podložek. Můžeme tedy říci, že frekvence v časové oblasti jsou rovnoměrnější a menší u úseku s podpražcovými podložkami, takže se zdá, že podpražcové podložky zde mají vliv na velikosti zrychlení vibrací.

Ve frekvenční oblasti s podpražcovými podložkami jsou frekvence řádově v intervalu 160-250Hz s tím, že pro osobní vlaky s rychlostí 44km/h je zrychlení $1,5\text{m/s}^2$ a pro rychlíky je při podobné frekvenci zrychlení až $3,7\text{m/s}^2$. Dá se říci, že čím vyšší rychlost, tím vyšší zrychlení vibrací.

Pro úsek bez podpražcových podložek je situace podobná, avšak pro vyšší frekvence, řádově při 600Hz.

Jak lze tedy vyzorovat, pro úseky s podpražcovými podložkami jsou zrychlení vibrací na třetinové frekvenci oproti pražcům bez podpražcovými podložkami. Dá se tedy říci, že podpražcové podložky mají vliv na zrychlení (vibrací) ve frekvenční oblasti.

14.5 Analýza pro úsek Planá nad Lužnicí – zrychlení vibrací

Pro oblast v Plané nad Lužnicí pro přímý úsek byly vybrány čtyři druhy vlakových souprav a to dva druhy osobních vlaků a dva druhy rychlostních vlaků. Pro osobní vlaky platí, že pro nižší rychlosti je velký rozdíl mezi zrychleními (vibracemi) v časové oblasti pro úseky bez a s podpražcovými podložkami. Čím vyšší rychlosti, tím vyšší frekvence v časové oblasti, zejména je patrný rozdíl mezi osobními vlaky (pro rychlosti kolem 54km/h) a rychlostními vlaky (pro rychlosti až 139km/h).

Můžeme říci, že grafy zrychlení v časové oblasti pro úseky s podpražcovými podložkami jsou rovnoměrnější a pro osobní vlaky jsou nižší oproti oblastem bez podpražcových podložek.

Pro graf zrychlení ve frekvenční oblasti můžeme konstatovat, že zrychlení vibrací rostou téměř úměrně s rychlostí. Ve většině případů jsou frekvence pro úseky s podpražcovými podložkami menší než pro úseky bez podpražcových podložek.

Z toho vyplývá, že užití podpražcových podložek má pozitivní vliv na velikosti zrychlení vibrací, resp. jejich menší hodnotu.

14.6 Analýza pro úsek Planá nad Lužnicí, výhybka – zrychlení vibrací

Pro výhybku jsou grafy zrychlení v časové oblasti bez podpražcových podložek podobné jako předchozí, čím vyšší rychlost, tím vyšší zrychlení vibrací.

Na hodnocení jsem si vybral dva úseky s velmi rozdílnými hodnotami zrychlení vibrací, a to s hodnotami minimálně třikrát vyšší.

Pro úsek s podpražcovými podložkami je pro rychlík zrychlení vibrací až 2475m/s^2 , dle mého názoru je tato hodnota příliš velká na to, aby mohla být hodnota relevantní.

Pro grafy ve frekvenční oblasti se nachází hodnoty převážně nad 500Hz pro oba dva rychlíky s hodnotami zrychlení $3,0\text{--}3,5\text{m/s}^2$.

14.7 Analýza posunů/ zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti/ třetinooktávových analýz – Havlíčkův Brod

Pro společnou analýzu posunů a zrychlení vibrací byly použity grafy např. graf posunů Obr. 31, dále graf zrychlení v časové oblasti Orb. 58 a vyhodnocení třetinooktávových analýz pro daný úsek.

Při porovnání posunů a grafu zrychlení můžeme na prvcích pražce najít souvislost. Zrychlení vibrací na prvcích pražce jsou úměrné posunům, resp. když při grafu posunů je vyšší hodnota pro soupravu bez USP, tak i pro graf zrychlení jsou frekvence vyšší. Platí zejména pro oblast Havlíčkův Brod pro úsek s malým poloměrem. Zde lze vidět, že podpražcové podložky mají zřejmý vliv na posuny, resp. zrychlení vibrací, které jsou rovnoměrnější. Rychlost má také vliv na průběh grafu zrychlení vibrací na prvcích pražců. Čím vyšší rychlost, tím vyšší zrychlení vibrací.

Dále je tu shodná úměra mezi posuny a zrychlení vibrací.

U třetinooktávových analýz si lze všimnout, že nejvyšší hladina zrychlení vibrací je pod oběma kolejnicemi. Od kolejnic se hladiny zrychlení vibrací snižují, u senzorů pod kolejovým ložem jsou tyto hodnoty řádově na 70% oproti hladinám zrychlení vibrací pod kolejnicemi.

Je tu zřejmý vliv podložek na posuny a zrychlení vibrací.

14.8 Analýza posunů/ zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti/ třetinooktávových analýz – Planá nad Lužnicí – přímý úsek

Při porovnání posunů a grafu zrychlení můžeme na prvcích pražce najít souvislost. Zrychlení vibrací na prvcích pražce jsou pro úseky s podpražcovými podložkami rovnoměrnější a ve většině případů jsou pod kolejnicemi menší, když vezmu v potaz, že nejvyšší hodnoty jsou právě pod kolejnicemi. Co se týče hodnocení posunů, díky gumovým podložkám jsou vyšší posuny na úsecích s USP, a právě i díky podložkám jsou zrychlení vibrací rovnoměrnější a menší než u úseků bez USP.

Co se týče grafů zrychlení vibrací, tak pro osobní vlaky s rychlostí řádově do 55km/h (do první měřené soustavy vlakových souprav) lze říci, že grafy zrychlení vibrací bez USP jsou řádově dvakrát vyšší oproti úseku s USP, od další měřené soupravy (vlakové soupravy s rychlostí okolo 90km/h) je tento rozdíl zrychlení vibrací řekněme zanedbatelný.

Dále lze říci, že rychlost pojezdu vlakových souprav má vliv na velikosti zrychlení vibrací. Čím vyšší rychlost, tím vyšší hodnota na hladině zrychlení vibrací, zejména pod kolejnicemi, kde je zrychlení vibrací nejvyšší. Hladiny zrychlení vibrací se od kolejnic zmenšují, v kolejovém loži vzdáleném 2,2m od osy koleje je hladina zrychlení vibrací řádově o 30% menší než pod kolejnicemi (tzn., že je hladina zrychlení vibrací na úrovni 70% oproti kolejnicím).

Na hodnocení lze vidět vliv podložek na zrychlení vibrací pro vlaky jedoucí rychlostí řádově do 60km/h, při vyšších rychlostech se zrychlení vibrací ať již na úseku bez či s podpražcovými podložkami vyrovnává.

14.9 Analýza posunů/ zrychlení vibrací v časové a frekvenční oblasti – Planá nad Lužnicí – výhybka

Pro výhybkové úseky jsou podpražcové podložky vhodné pro vjezd a výjezd z výhybek a to z toho důvodu, že jsou v grafech posunů menší posuny, tudíž se lze domnívat, že podložky tlumí přechod z přímé části koleje do výhybky a naopak. Rychlost pojezdu na výhybce nemá zásadní vliv na velikosti posunů podél výhybky, při porovnání grafů pro rychlosti pojezdů cca 115km/h a 90km/h jsou téměř totožné. Spíše větší posuny jsou zaznamenány pro výhybkovou část s podpražcovými podložkami.

15. Závěr

Pro úsek Havlíčkův Brod a Planá nad Lužnicí bylo pro moji diplomovou práci hodnoceny posuny a zrychlení vibrací jak v časové tak frekvenční oblasti. Pro oba úseky byly použity snímače posunů a vibrací, které byly vhodně umístěny podél/napříč pražce.

U hodnocení posunů byly rozdílné hodnoty posunů, resp. průběh posunů na úseku bez a s podpražcovými úseky pro oblast Havlíčkův Brod a Planá nad Lužnicí. V Havlíčkově Brodě byly posuny s podpražcovými podložkami menší než na úseku bez podpražcových podložek, což je jiný výsledek oproti očekávání. Nutno ještě dodat, že posuny na úseku s podpražcovými podložkami byly rovnoměrněji rozloženy a tímto se může zmírnit nejen opotřebení pražců, ale i kolejového lože. Zde bych řekl, že pražce s podpražcovými podložkami mají svůj smysl. Pro oblast Planá nad Lužnicí byly průběhy posunů shodné s očekáváním. Největší posuny byly zaznamenány na úseku s podpražcovými podložkami, což je důsledek právě oněch gumových podložek, které se chovají pružně a v průměru se stlačují o 0,5mm. Dle mého názoru je tu užitečný vliv podložek na pražce z toho důvodu, že se pražec zatlačuje rovnoměrněji, a tím se nepřetěžuje jen jedna jeho část, zejména pod kolejnicemi, kde jsou posuny největší.

U hodnocení zrychlení vibrací pro oblast Havlíčkův Brod můžeme poznamenat, že zrychlení vibrací byl pro úsek s podpražcovými podložkami rovnoměrnější po celé délce pražce, avšak pro rychlosti vlakových souprav řekneme od 60km/h se zrychlení vibrací pozvolna vyrovnává. Pro vyšší rychlosti (od 90km/h), alespoň pro oblast Havlíčkův Brod je zrychlení vibrací na úsecích bez a s podpražcovými podložkami téměř shodné.

Dle naměřených hodnot bych podotknul, že úseky s podpražcovými podložkami, alespoň v časové oblasti, se hodí pro úseky do 60 (70)km/h.

Na obou úsecích se měří potřebná data již od roku 2008, čili řádově již 5 let, podle mého názoru je tato délka měření ještě nedostačující. Dále je dle mého názoru měření ovlivněno počasím (měření v zimě a v létě), proto bych doporučil měření v každém jednotlivém ročním období, abychom zjistili, zda i počasí má vliv na naměřené hodnoty. Další neznámou je hmotnost lokomotiv/ vagonů/ nákladních vagonů, které má vliv na velikost posunů. Další neznámou je nehomogenita podloží, přeci jen se jedná o hrubé kamenivo frakce 32-63mm.

Stále ještě neznáme životnost gumových podložek, které jsou přilepeny k pražci a které se postupem času opotřebovávají, ať již pomocí střídání počasí (slunečno, déšť, sníh, mráz, apod.), či při styku pražec – podložka – kolejové lože.

Dále je tu otázka ohledně ceny, pro prostý železobetonový pražec se cena pohybuje okolo 1900-2000 Kč bez DPH, co se týče pražce s podložkou, tato cena je přibližně 3400-3500Kč (cena pražce 1900-2000 + cena podložky 60EUR (cca 1500Kč)). Životnost pražců se předpokládá v řádu 40-50 let.

Pro zrychlení v časové oblasti můžeme říci, že pražce s podpražcovými podložkami mají řádově 2x menší zrychlení vibrací oproti úsekům bez podpražcových podložek. Můžeme tedy zhodnotit podpražcové podložky užitečné při snížení vibrací.

Dále by bylo dobré postavit více zkušebních úseků, abychom mohli hlouběji zkoumat účinky podpražcových podložek. Důvod je jednoduchý, čím více úseků s podpražcovými podložkami ve

směrových řešeních železniční tratě, myšleno přímý úsek, výhybka, oblouk apod. tím více informací a ověření kladných vlastností podpražcových podložek.

Použitá metodika je dle mého názoru dostačující, avšak doporučil bych více měření na více řezech tak, abychom dosáhli obsáhlejšího popisu daných úseků bez a s podpražcovými podložkami.

Podle naměřených údajů bych doporučil používat podpražcové podložky zejména do obloukových částí koleje a do výhybek.

16. Příloha č. 1

Přehled záznamů vlaků

Havlíčkův Brod:

Havlíčkův Brod, s podpražcovými podložkami (s USP), den měření: 2. 7. 2013				
Číslo	Čas	Vlak	Směr	Rychlost [km/h]
1	10:00	R	Havlíčkův Brod	62
2	10:10	MUV	Havlíčkův Brod	41
3	10:13	Lv	Havlíčkův Brod	60
4	10:29	Na	Okrouhlice	40
5	10:46	MD	Havlíčkův Brod	51
6	10:49	Na	Okrouhlice	40-46
7	11:31	Os	Havlíčkův Brod	44
8	11:58	R	Havlíčkův Brod	47-52
9	12:03	Na	Havlíčkův Brod	29-42

Havlíčkův Brod, bez podpražcových podložek (bez USP), den měření: 2. 7. 2013				
Číslo	Čas	Vlak	Směr	Rychlost [km/h]
1	13:20	Os	Okrouhlice	51
2	14:00	R	Okrouhlice	59
3	14:11	Nex	Okrouhlice	55
4	14:36	Os	Okrouhlice	47
5	15:23	Os	Okrouhlice	64
6	15:41	Na	Okrouhlice	67
7	16:01	R	Okrouhlice	57

Planá nad Lužnicí, přímý úsek:

Planá nad Lužnicí, s podpražcovými podložkami, den měření: 23. 7. 2013				
Číslo	Čas	Vlak	Směr	Rychlost [km/h]
1	12:59	R	Tábor	100
2	13:30	Os	Tábor	90
3	13:58	R	Tábor	139
4	14:15	Na	Tábor	88
5	14:33	Os	České Budějovice	52
6	15:00	R	Tábor	118

Planá nad Lužnicí, bez podpražcových podložek, den měření: 23. 7. 2013				
Číslo	Čas	Vlak	Směr	Rychlost [km/h]
1	15:45	Os	Tábor	87
2	16:00	R	Tábor	128
3	16:13	Os	České Budějovice	54
4	16:18	Na	České Budějovice	37
5	17:00	R	Tábor	120
6	17:26	Os	Tábor	59-69

Planá nad Lužnicí, výhybka:

Planá nad Lužnicí, s podpražcovými podložkami, den měření: 23. 7. 2013				
Číslo	Čas	Vlak	Směr	Rychlost [km/h]
1	16:09	R	Tábor	101
2	16:20	Os	Tábor	100-110
3	17:18	R	Tábor	135
4	17:33	Os	Tábor	93-98
5	18:02	R	Tábor	115

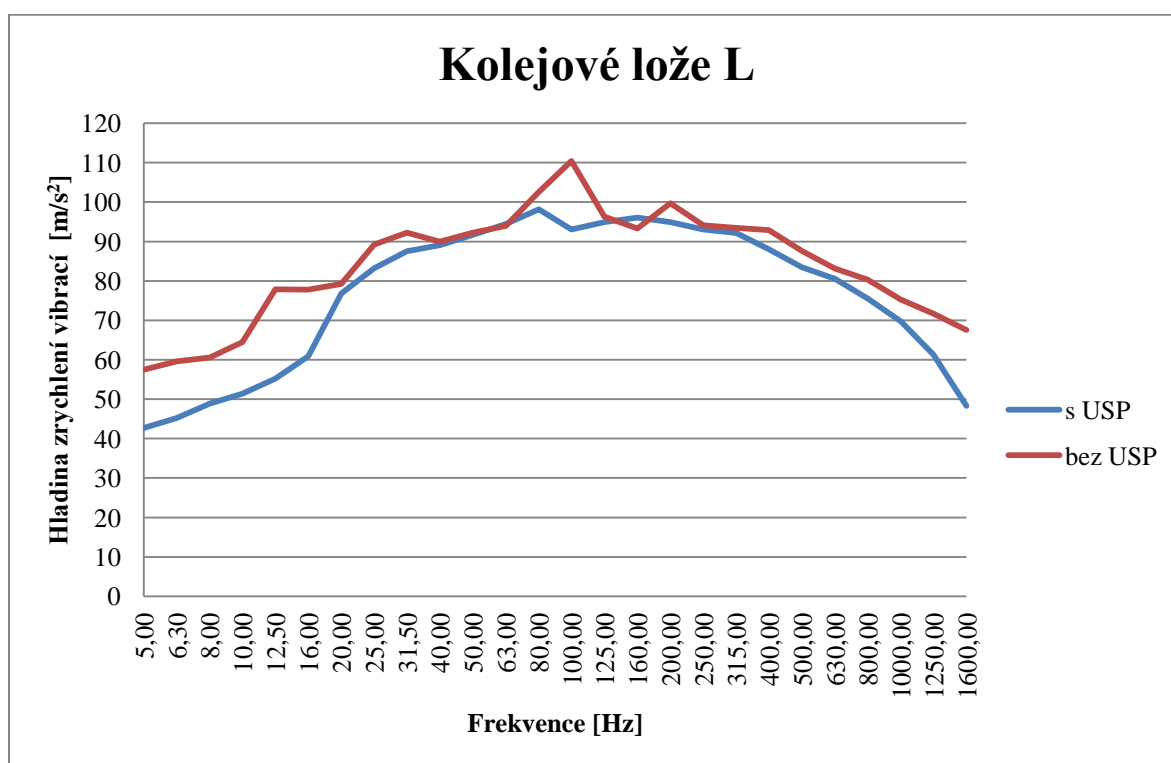
Planá nad Lužnicí, bez podpražcových podložek, den měření: 23. 7. 2013				
Číslo	Čas	Vlak	Směr	Rychlost [km/h]
1	12:56	MVTV	České Budějovice	60
2	13:09	R	Tábor	122
3	13:26	Os	Tábor	85-90
4	14:03	R	Tábor	118
5	14:06	R	České Budějovice	59
6	14:34	Os	Tábor	53
7	15:11	R	Tábor	123

Příloha č. 2

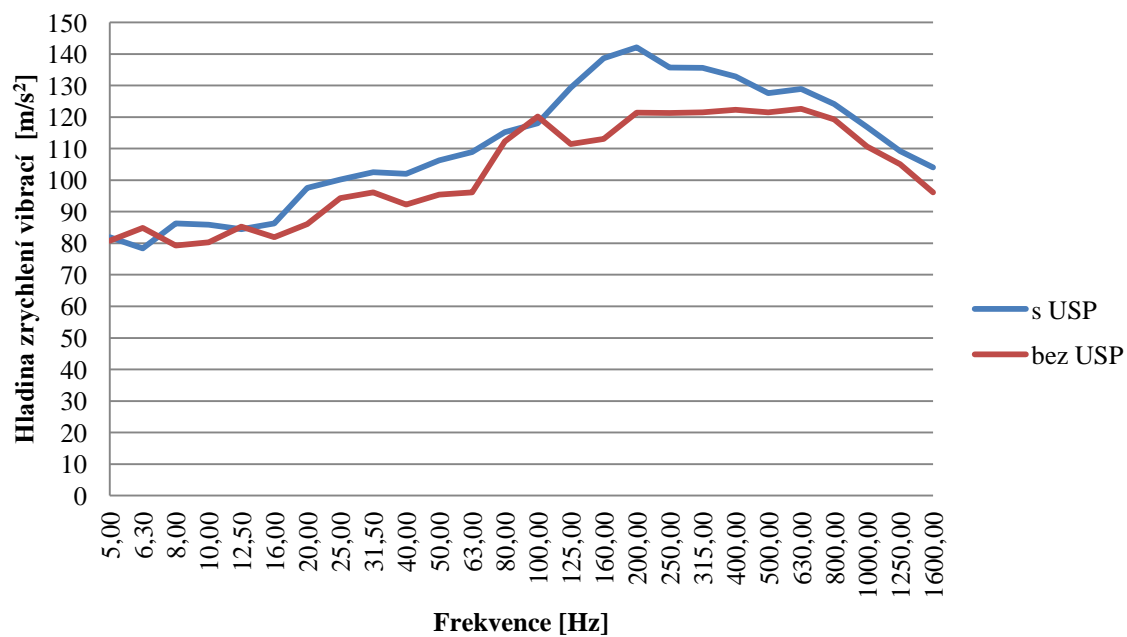
Vyhodnocení třetinooktávových analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Havlíčkův Brod, přímý úsek, Rychlík (R), R – 62km/h s USP a R – 57km/h bez USP

Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:

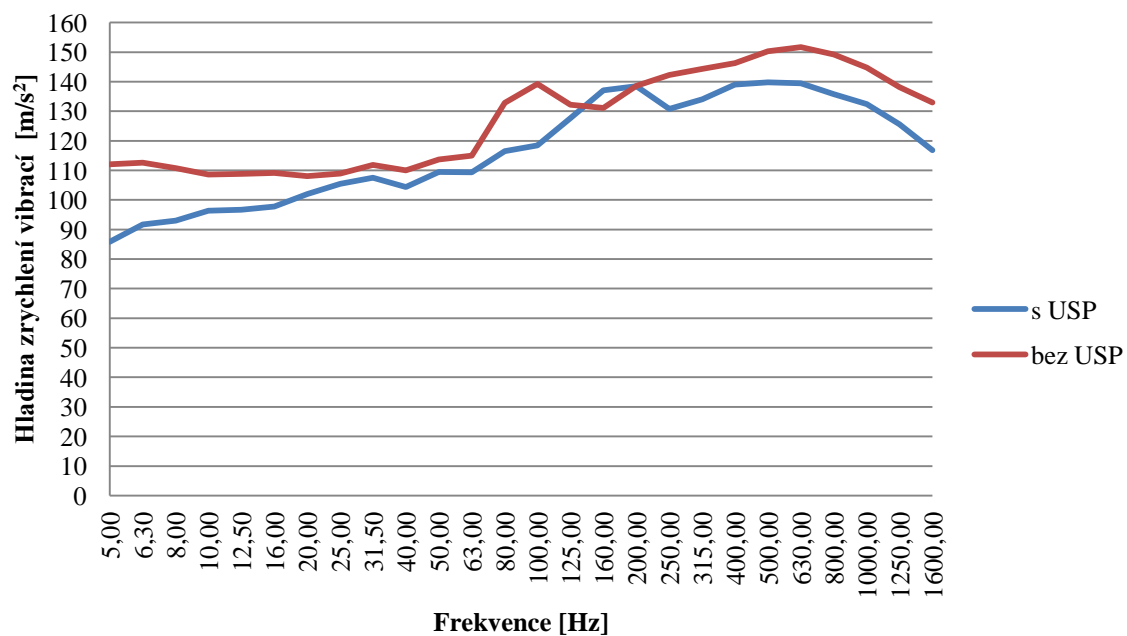
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose pražce
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži P



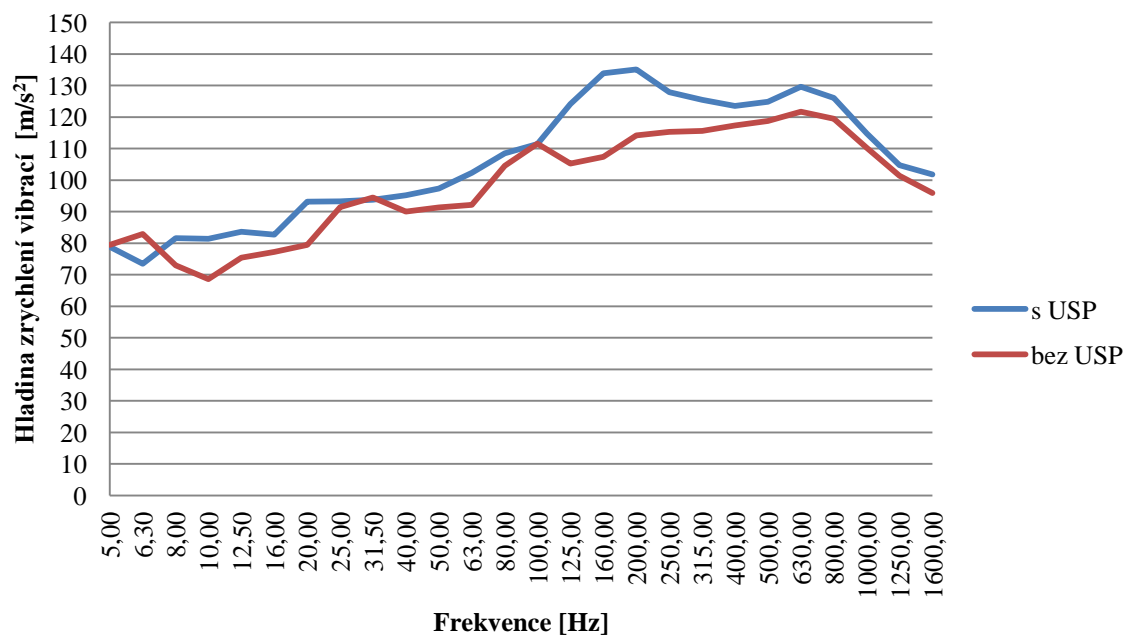
Hlava betonového pražce L



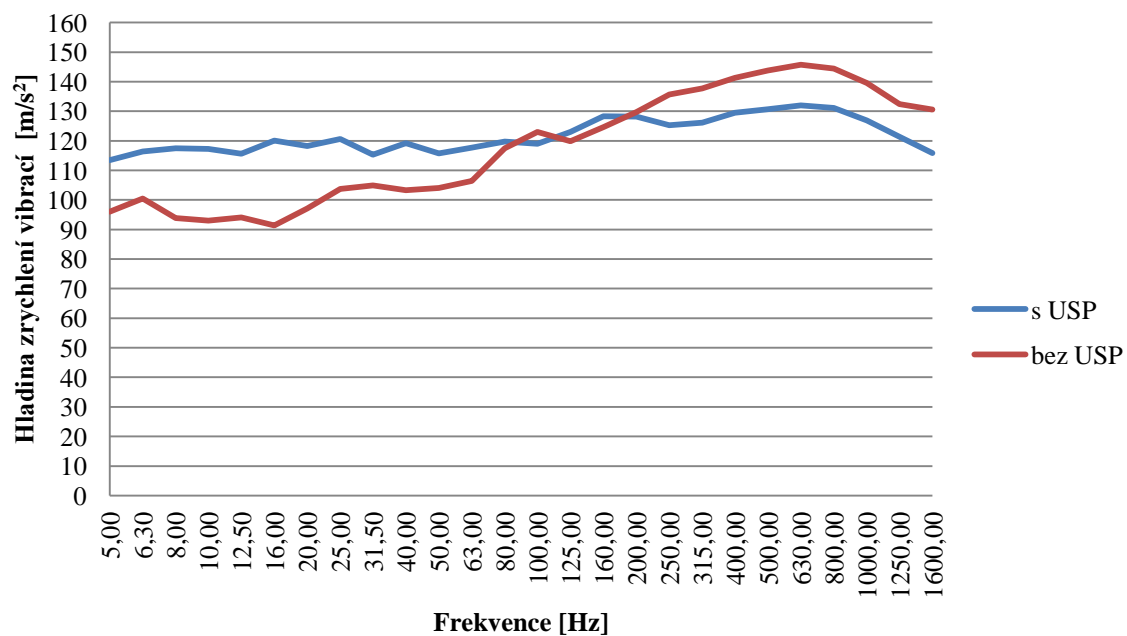
Osa kolejnice L



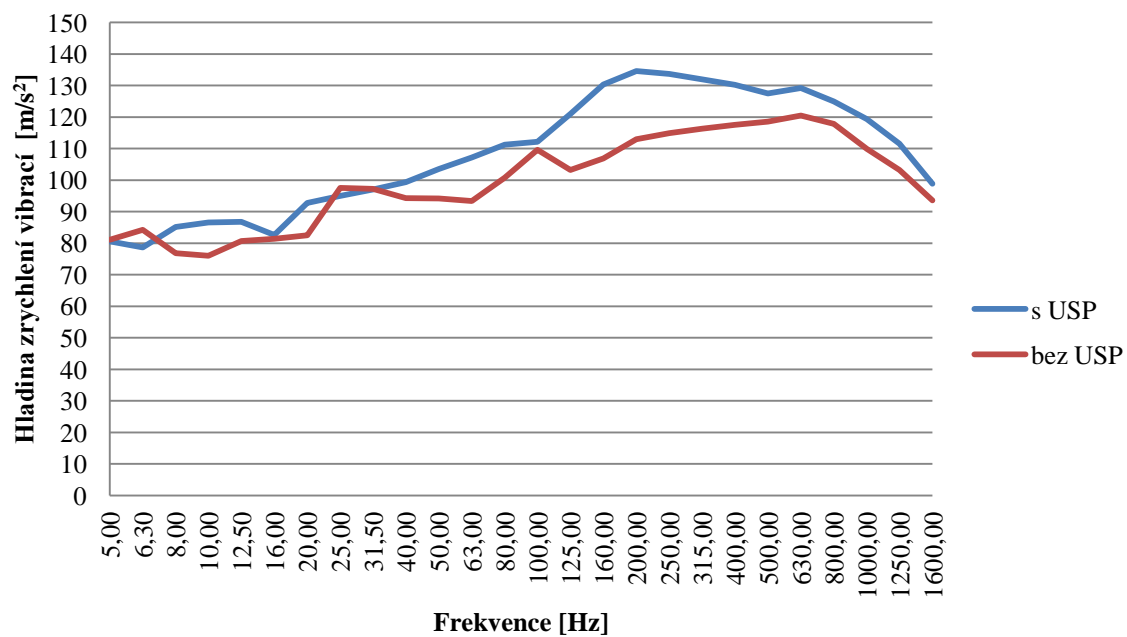
Osa pražce



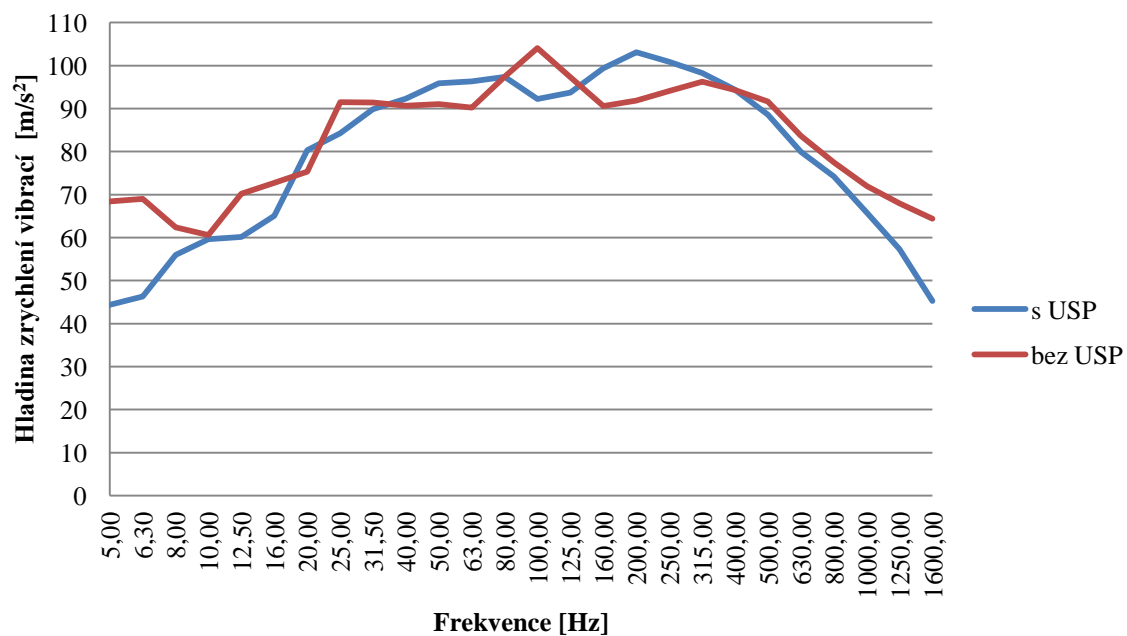
Osa kolejnice P



Hlava betonového pražce P



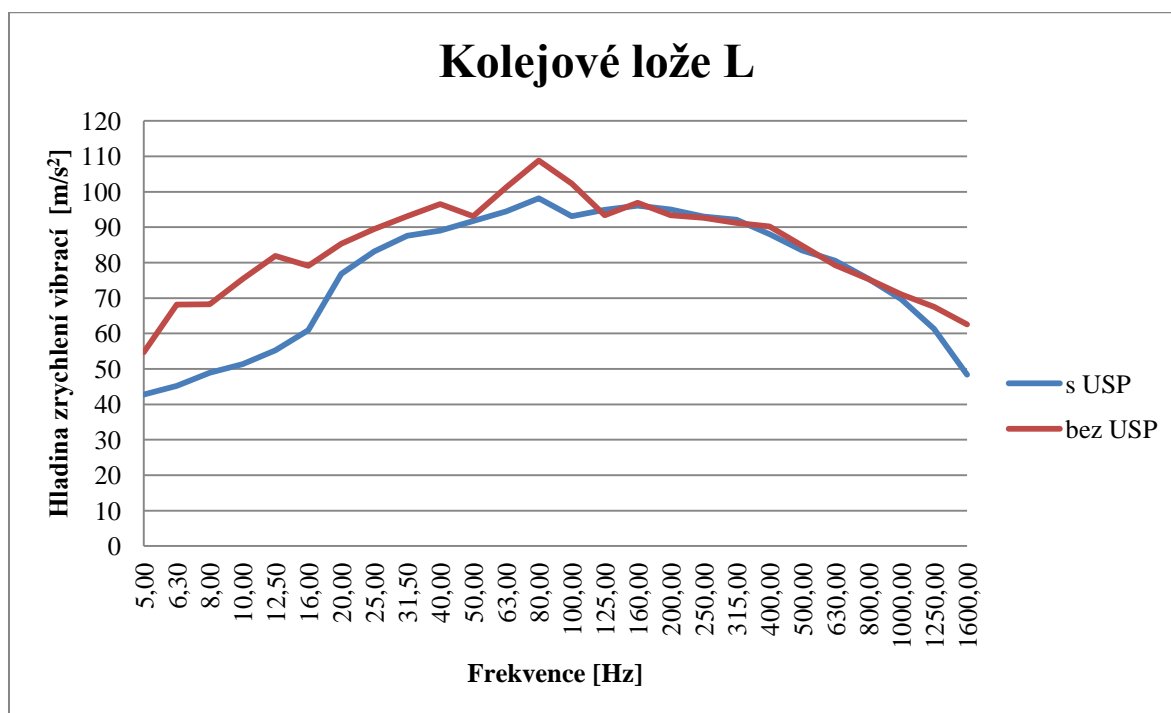
Kolejové lože P



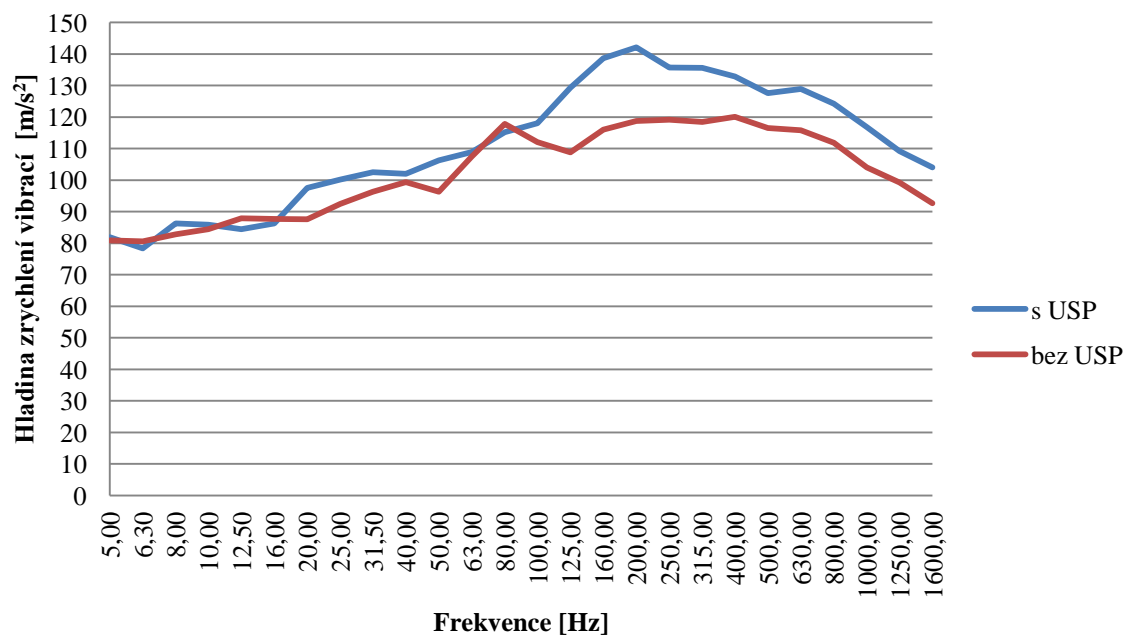
Vyhodnocení třetinooktávových analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Havlíčkův Brod, přímý úsek, Osobní vlak, Os – 44km/h s USP a Os – 47km/h bez USP

Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:

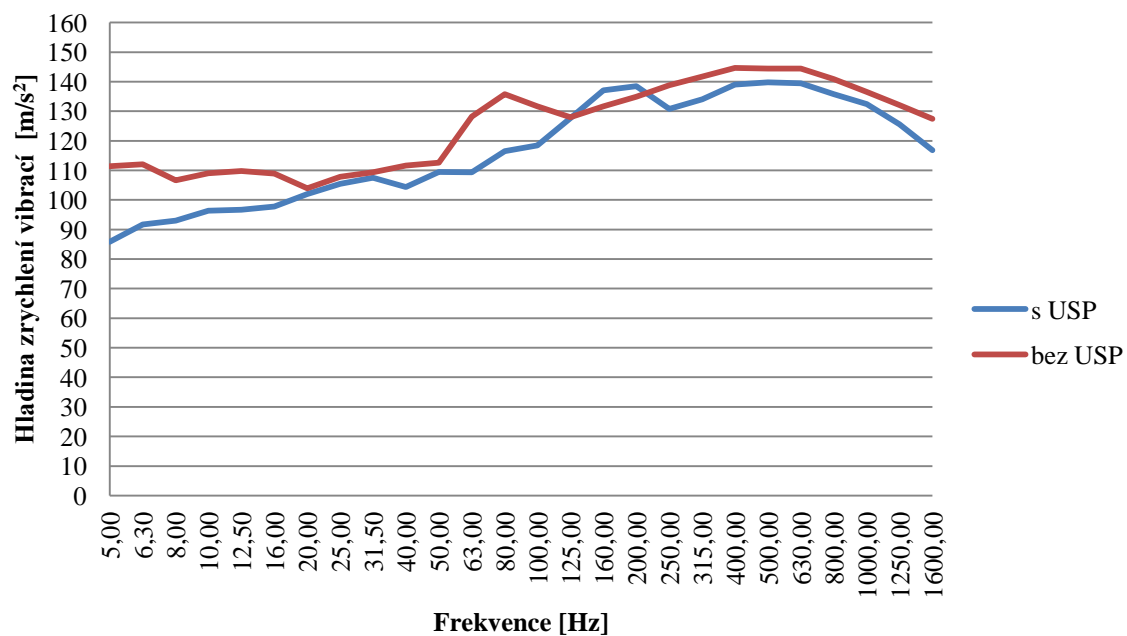
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose pražce
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži P



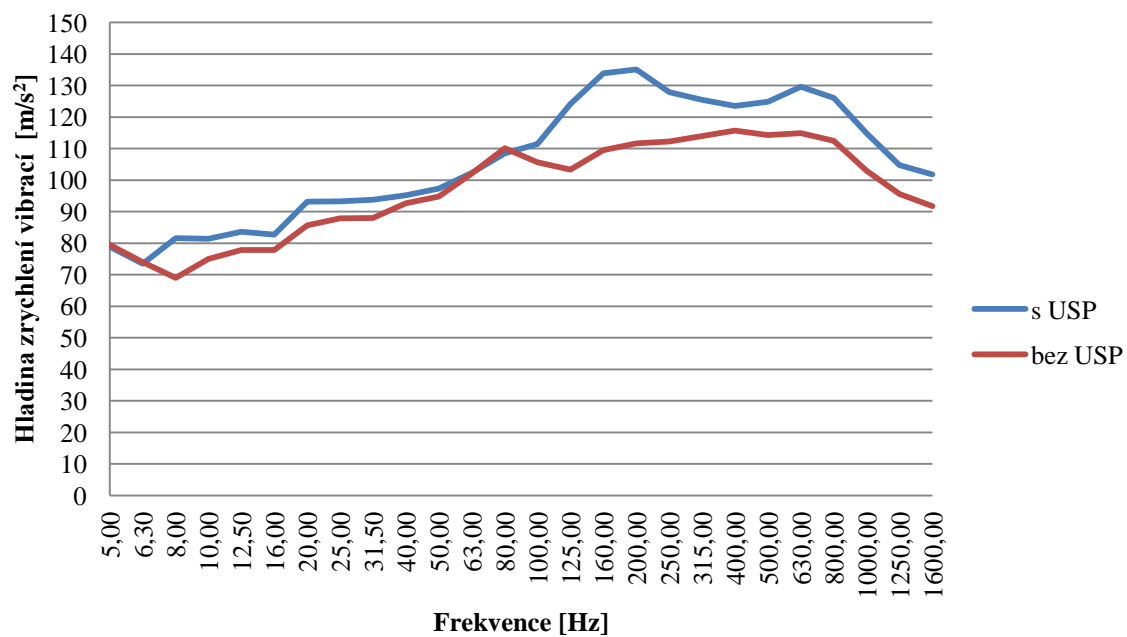
Hlava betonové pražce L



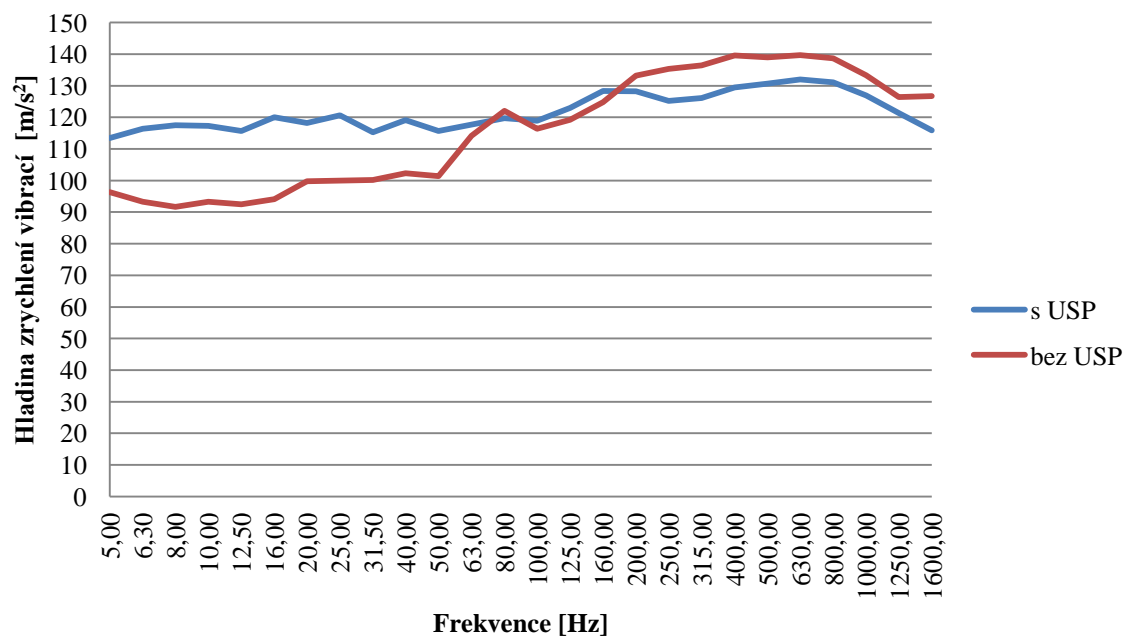
Osa kolejnice L



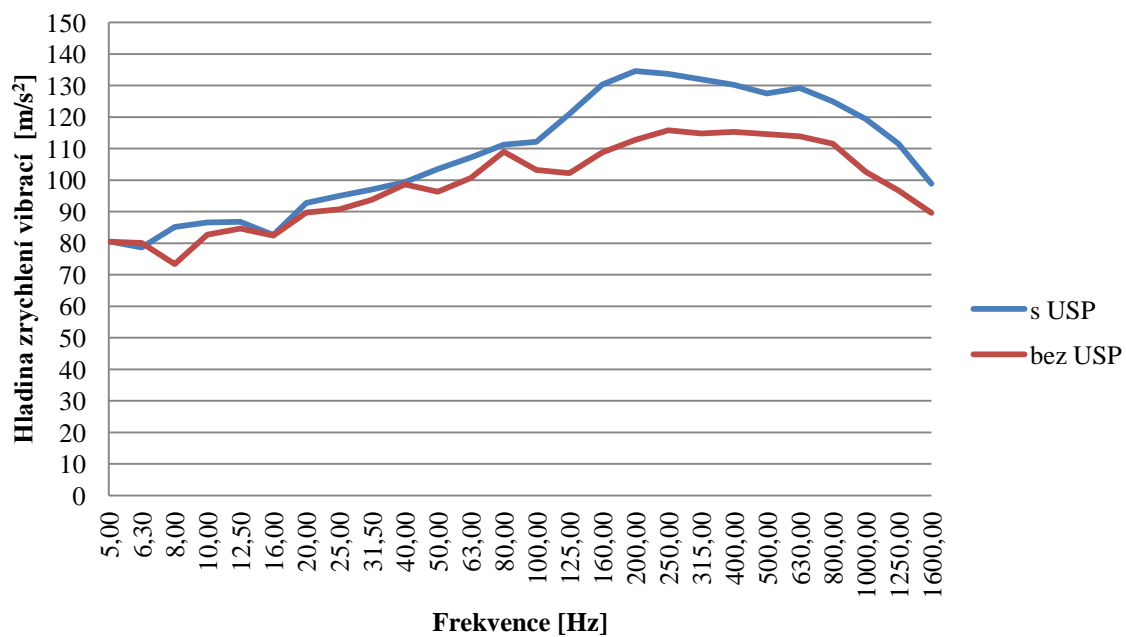
Osa pražce



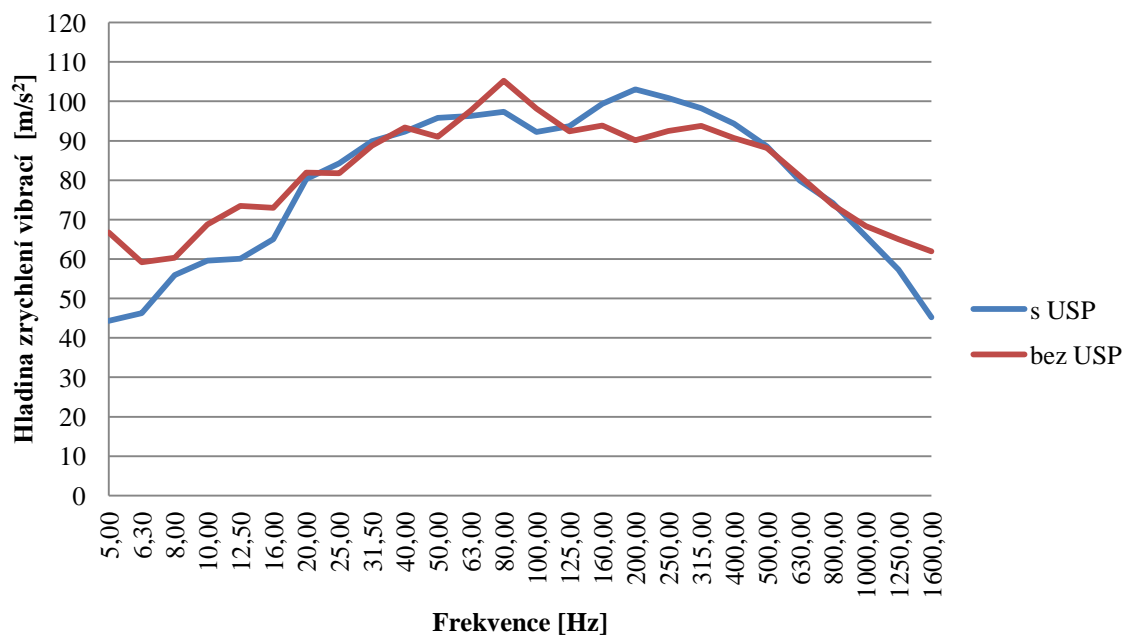
Osa kolejnice P



Hlava betonového pražce P



Kolejové lože P

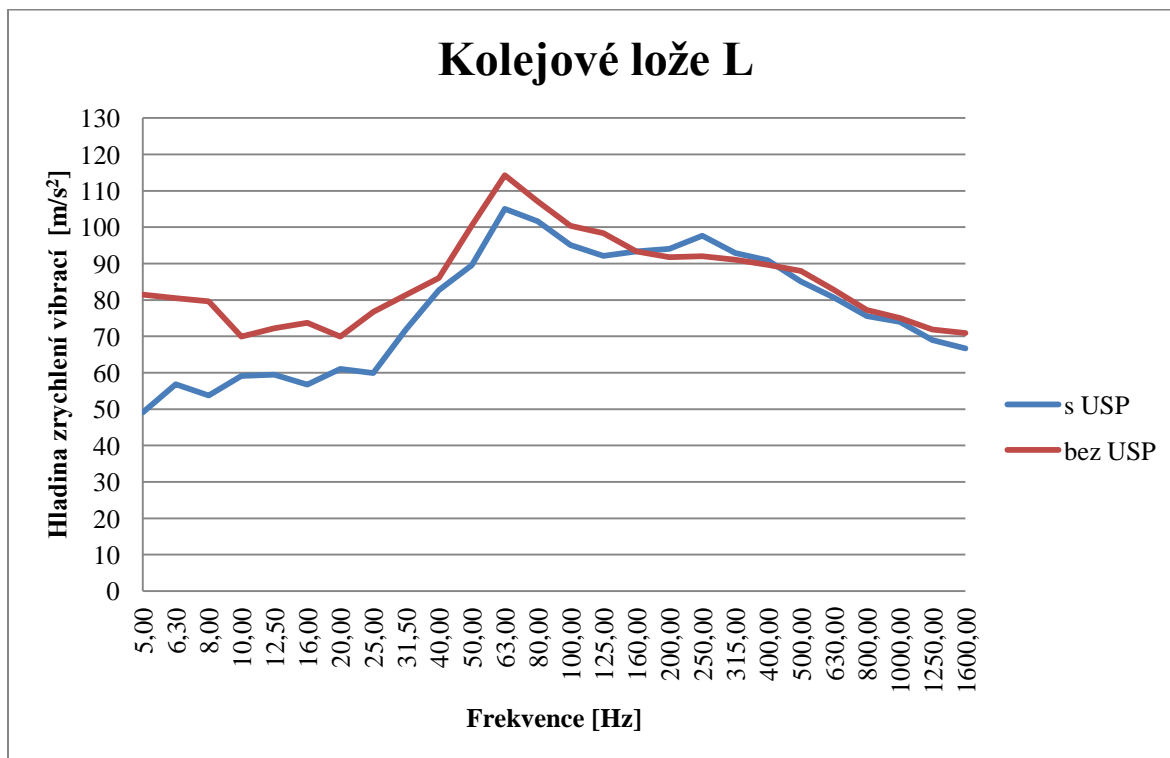


Příloha č. 3

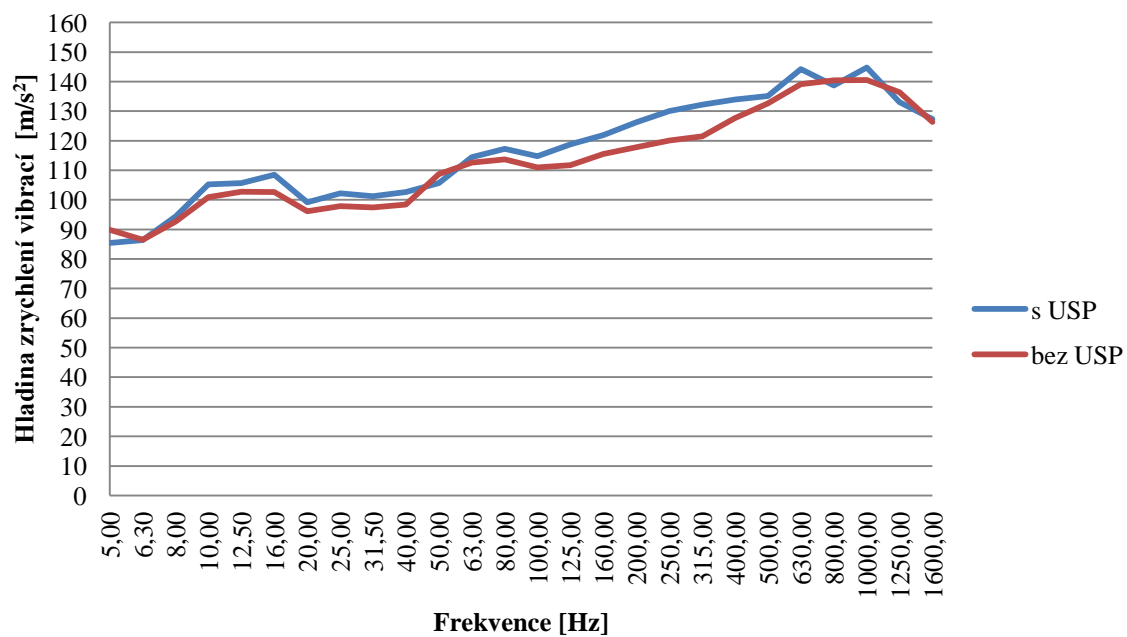
Vyhodnocení třetinooktávových analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Planá nad Lužnicí, přímý úsek, Rychlík, R – 139km/h s USP a R – 128km/h bez USP

Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:

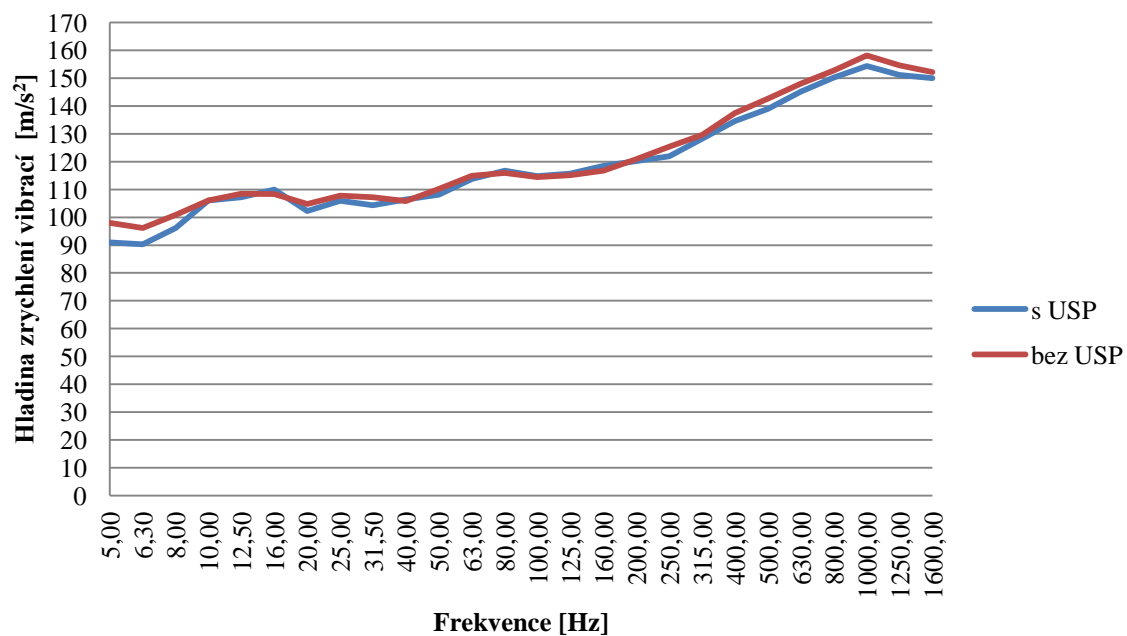
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose pražce
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži P



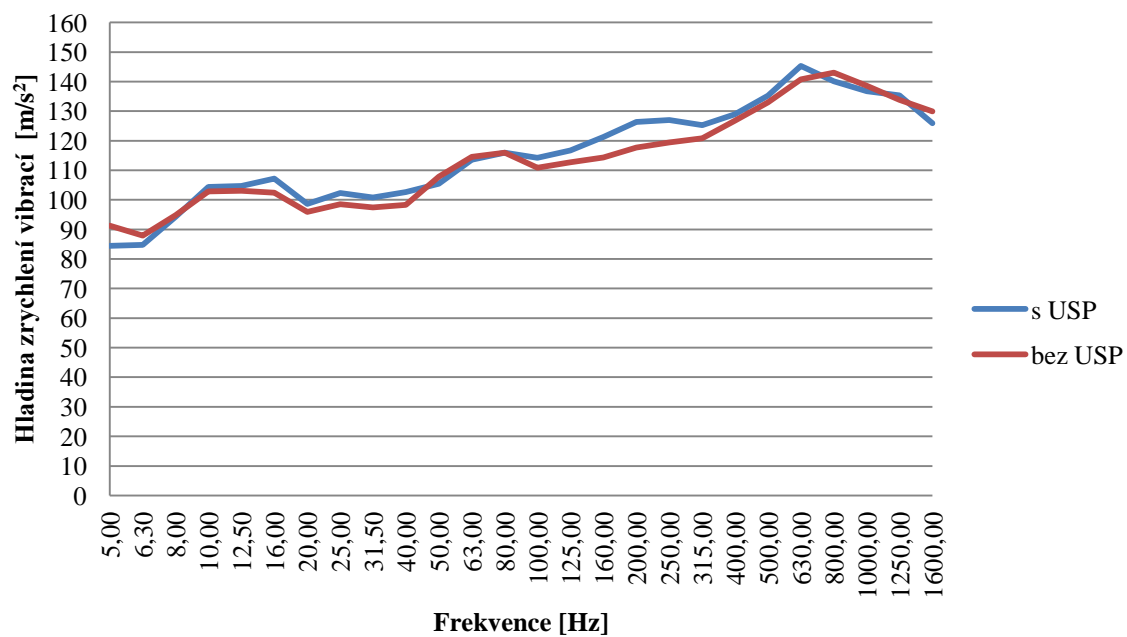
Hlava betonového pražce L



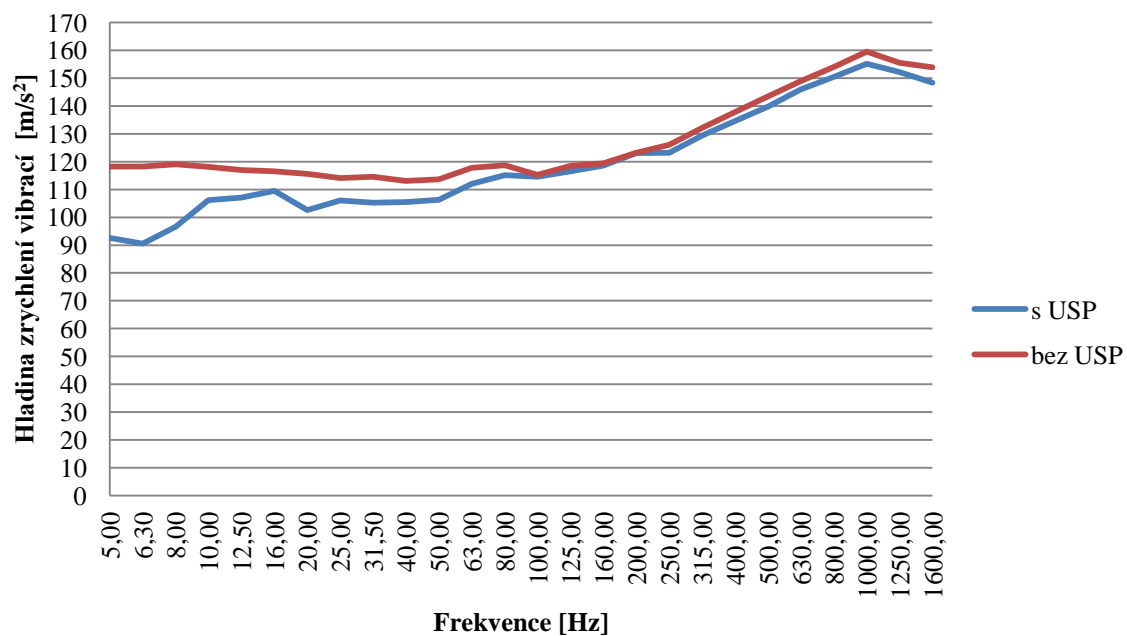
Osa kolejnice L



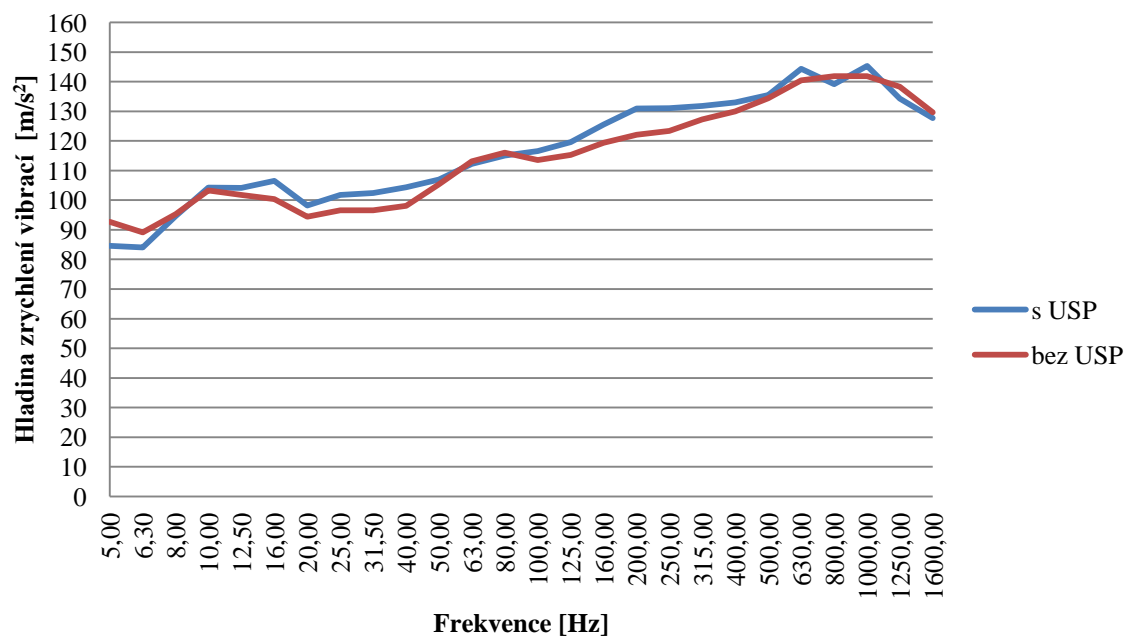
Osa pražce



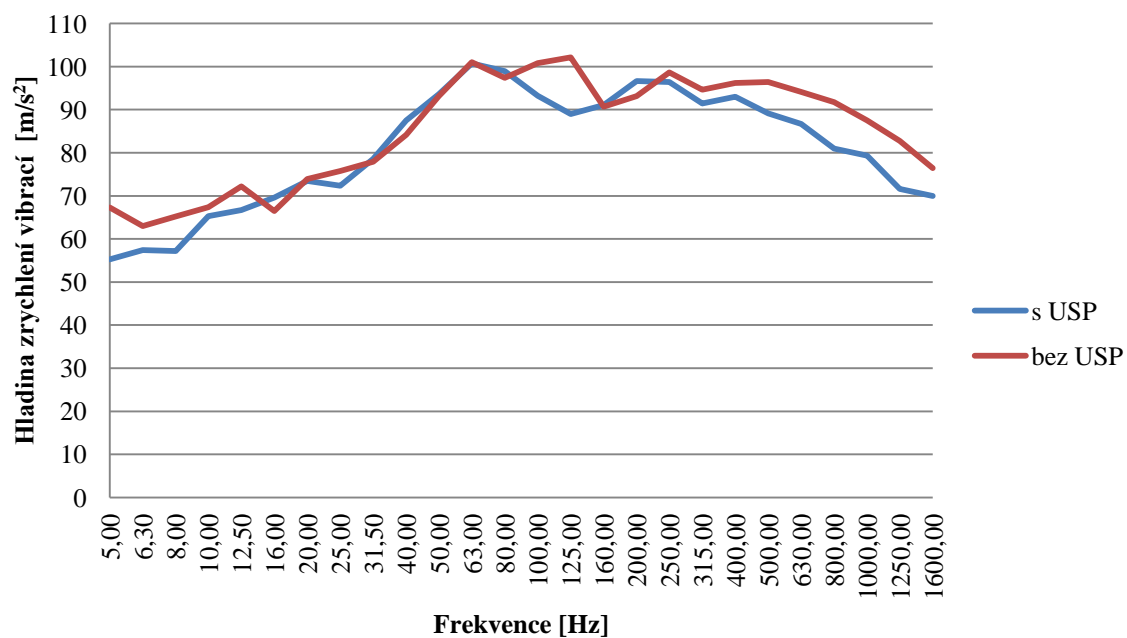
Osa kolejnice P



Hlava betonového pražce P



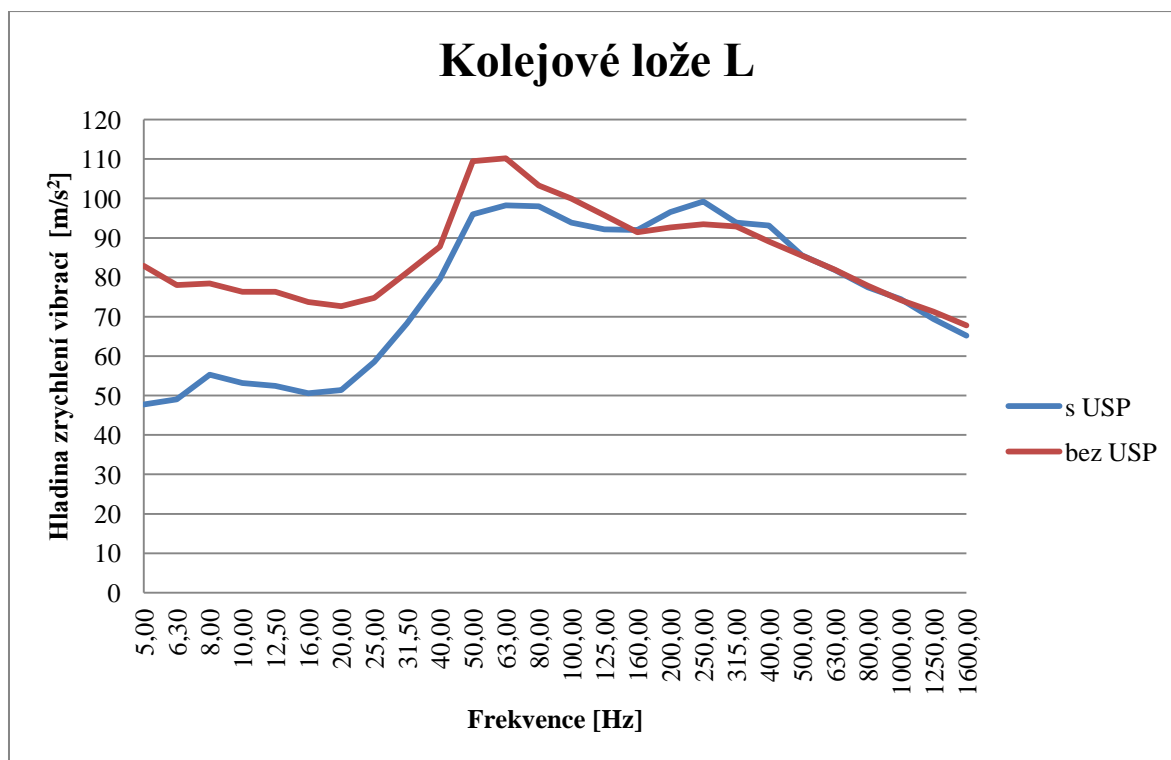
Kolejové lože P



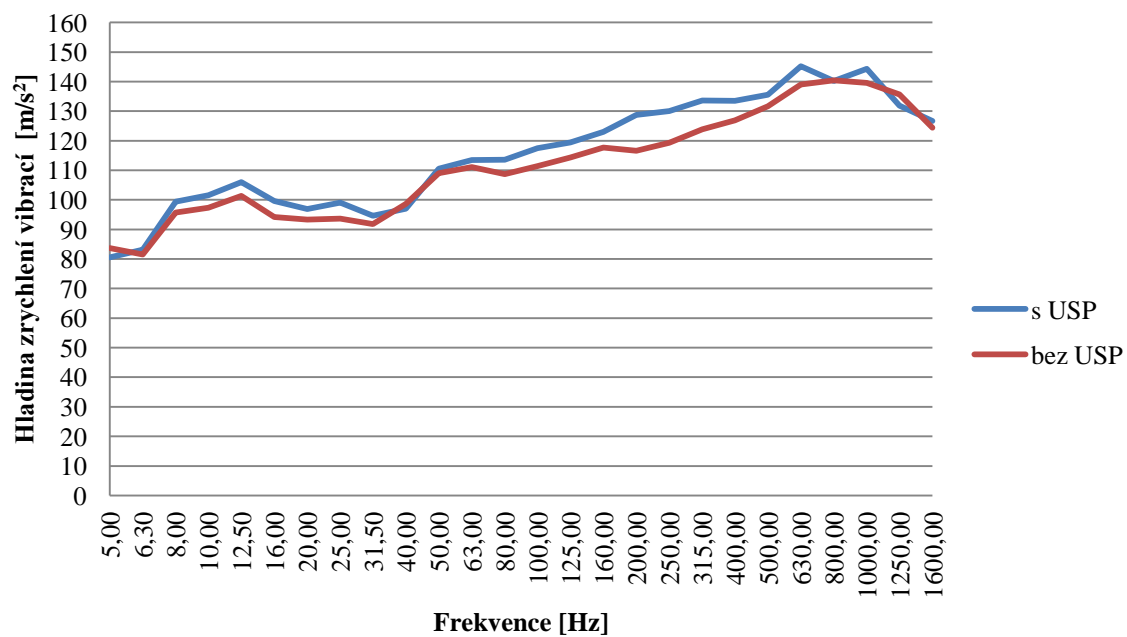
Vyhodnocení třetinooktávových analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Planá nad Lužnicí, přímý úsek, Rychlík, R – 118km/h s USP a R – 120km/h bez USP

Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:

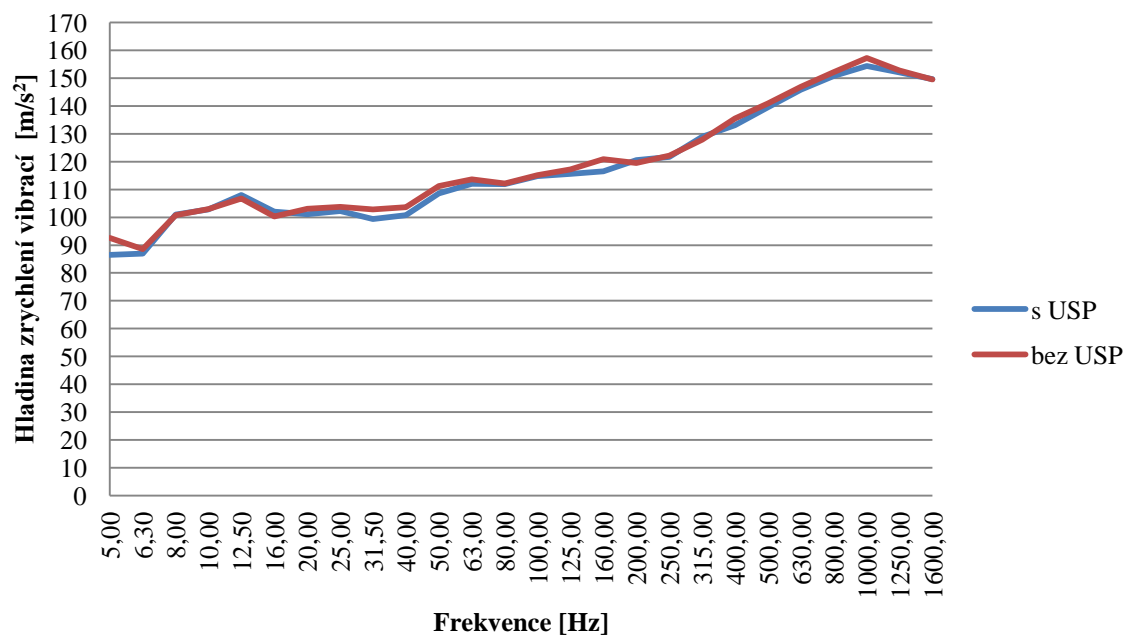
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose pražce
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži P



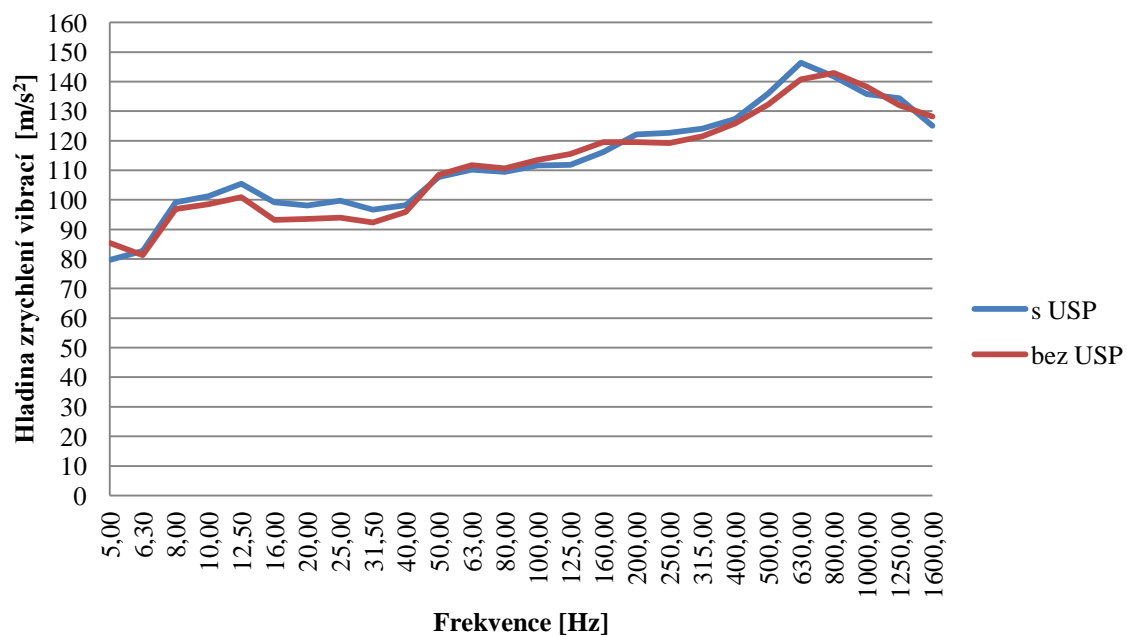
Hlava betonového pražce L



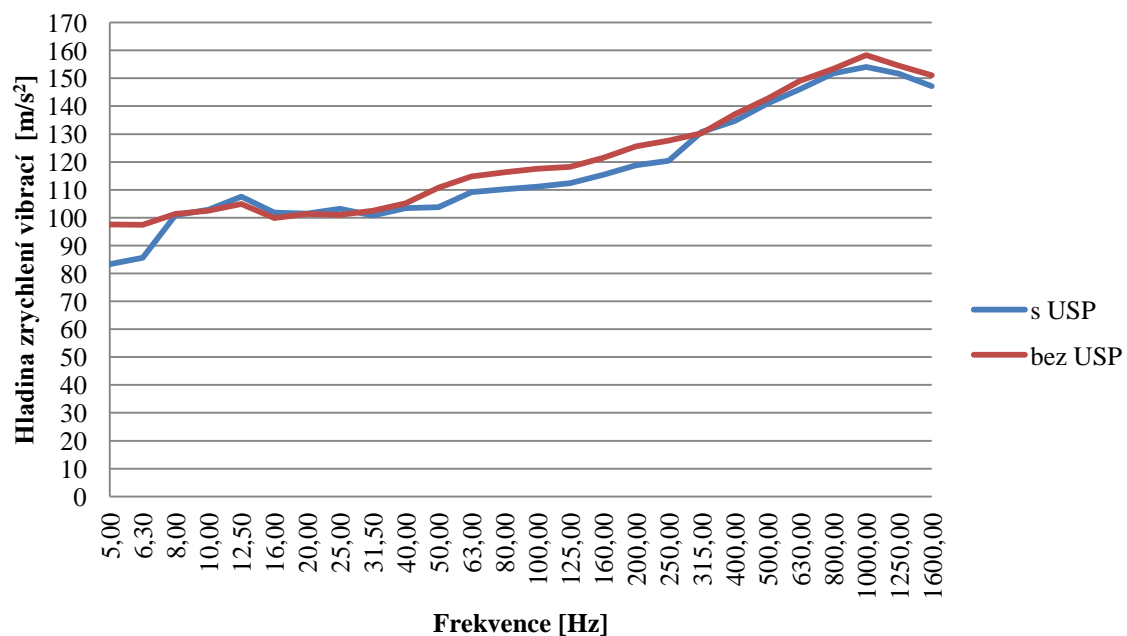
Osa kolejnice L



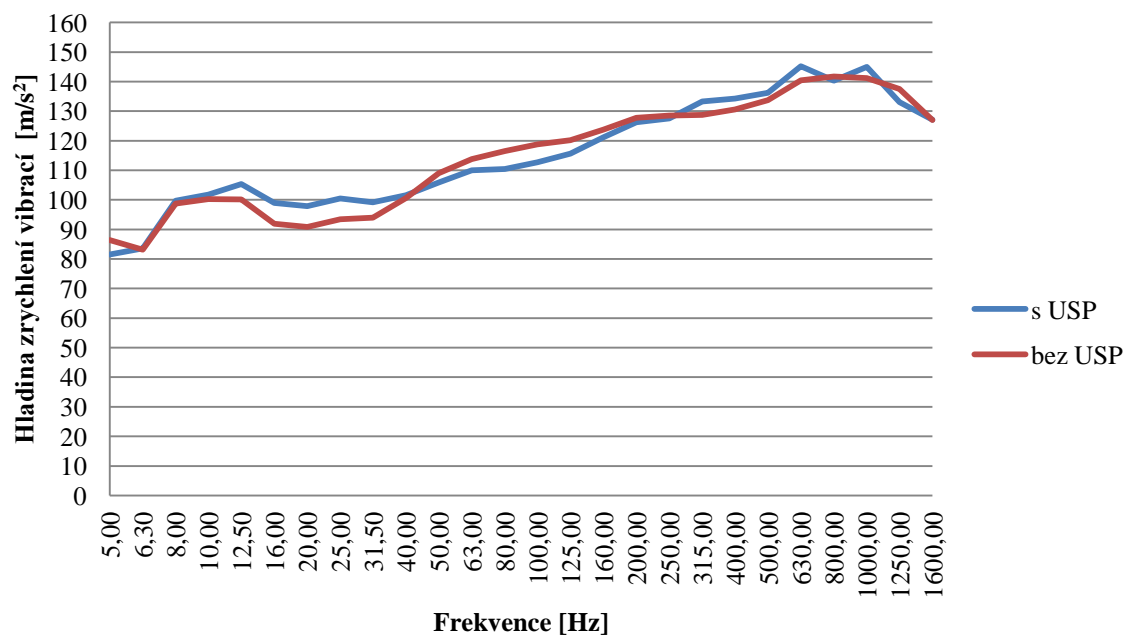
Osa pražce



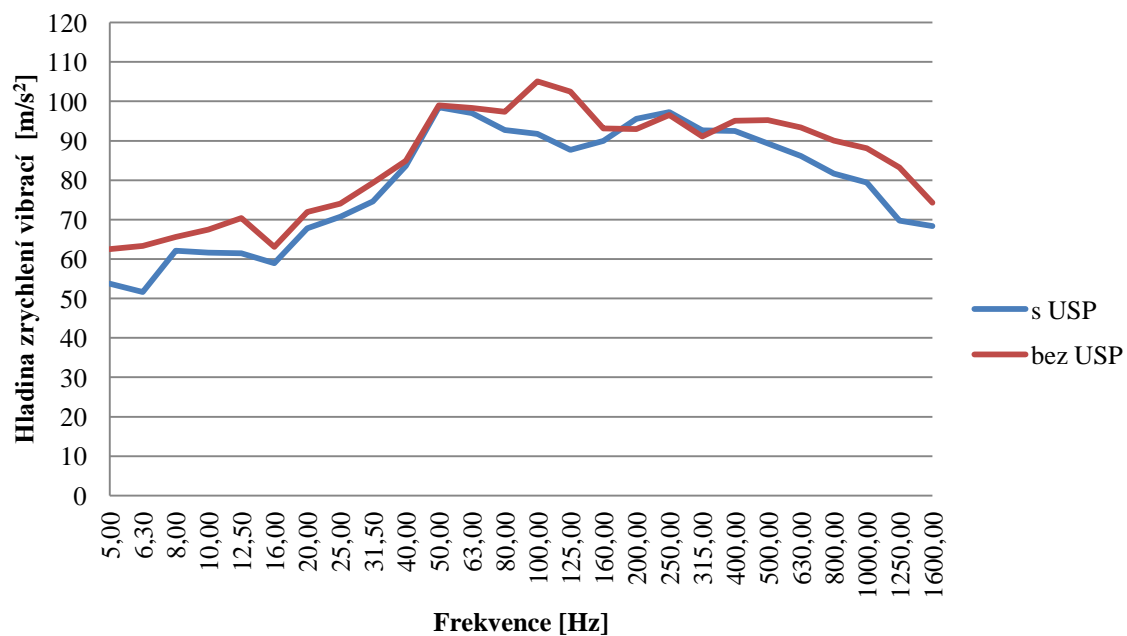
Osa kolejnice P



Hlava betonového pražce P



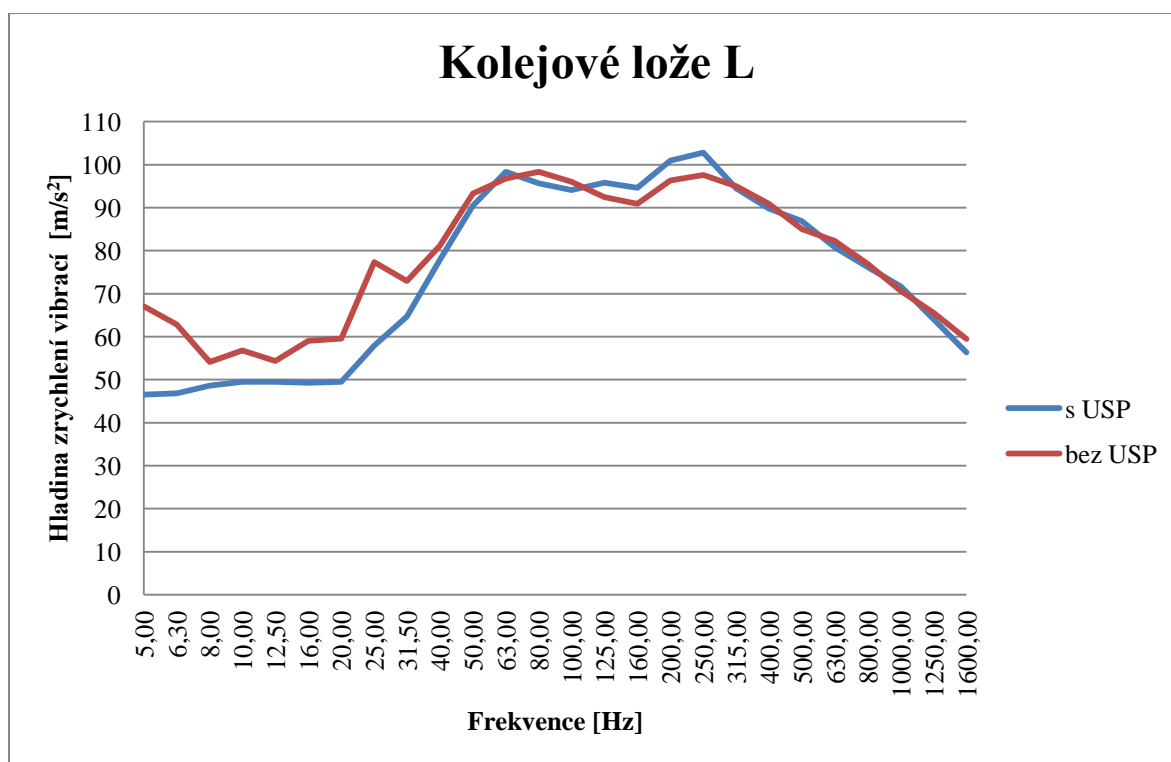
Kolejové lože P



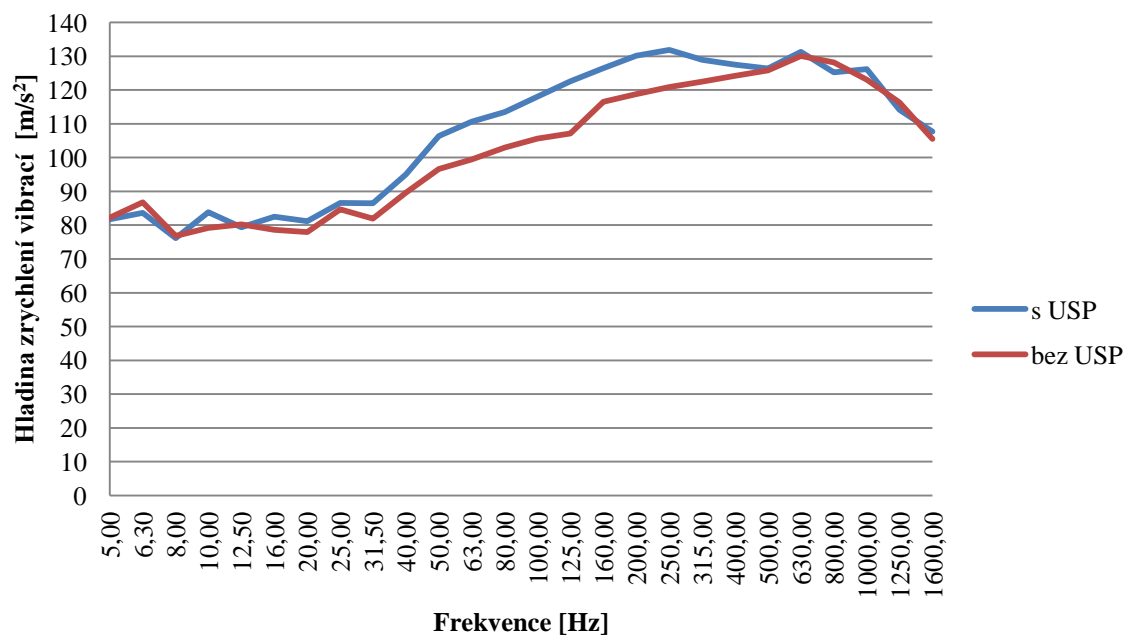
Vyhodnocení třetinooktávových analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Planá nad Lužnicí, přímý úsek, Osobní vlak, Os – 52km/h s USP a Os – 54km/h bez USP

Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:

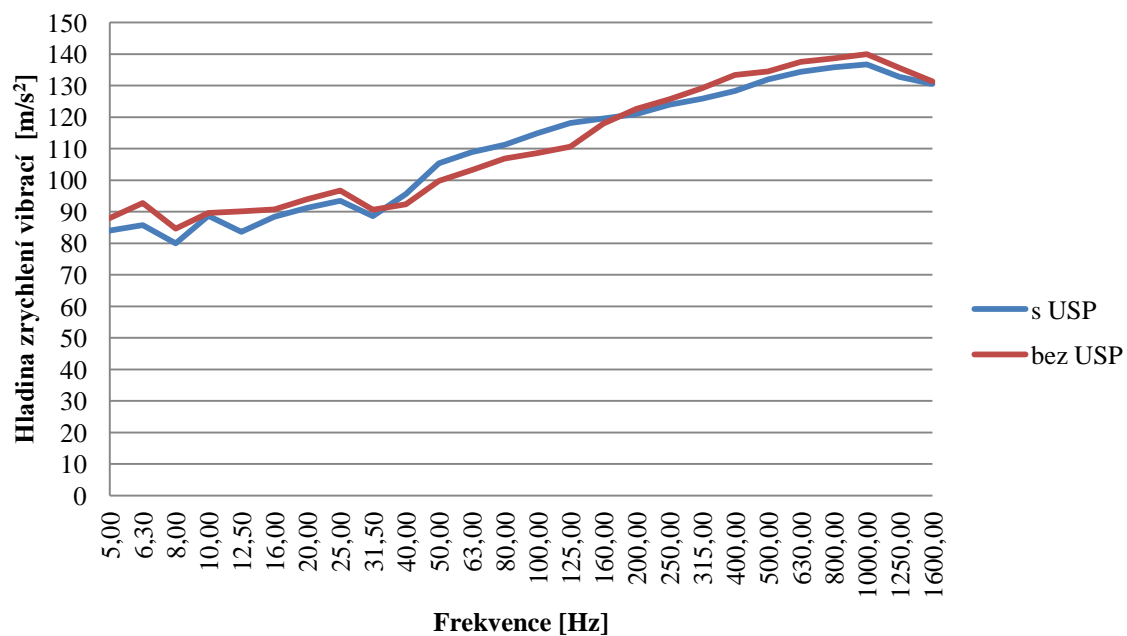
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose pražce
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejnice P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži P



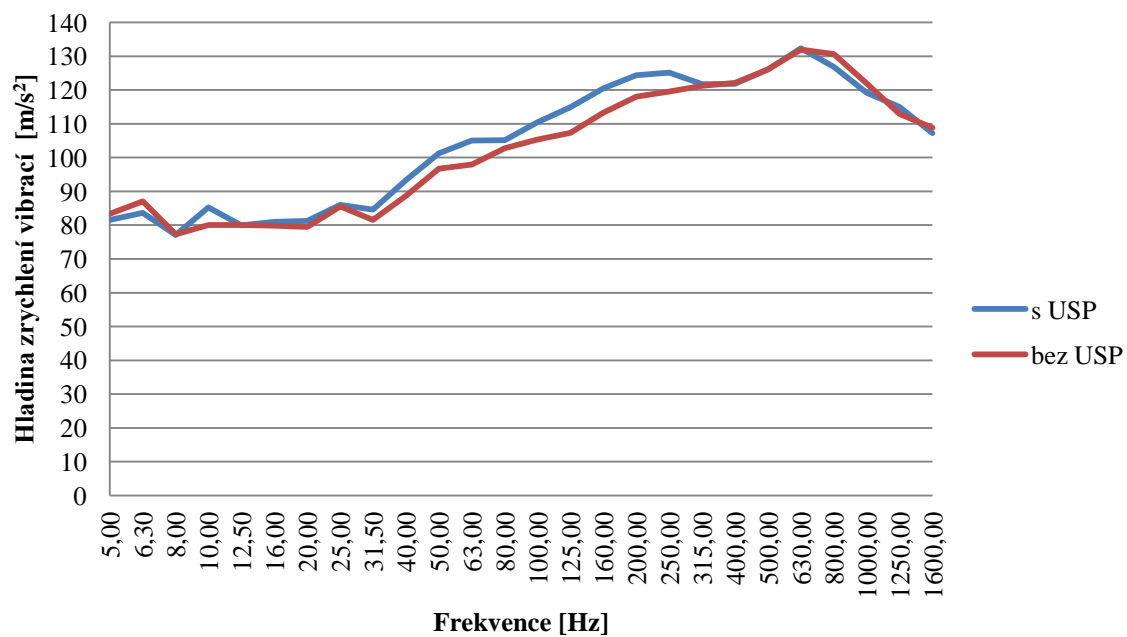
Hlava betonového pražce L



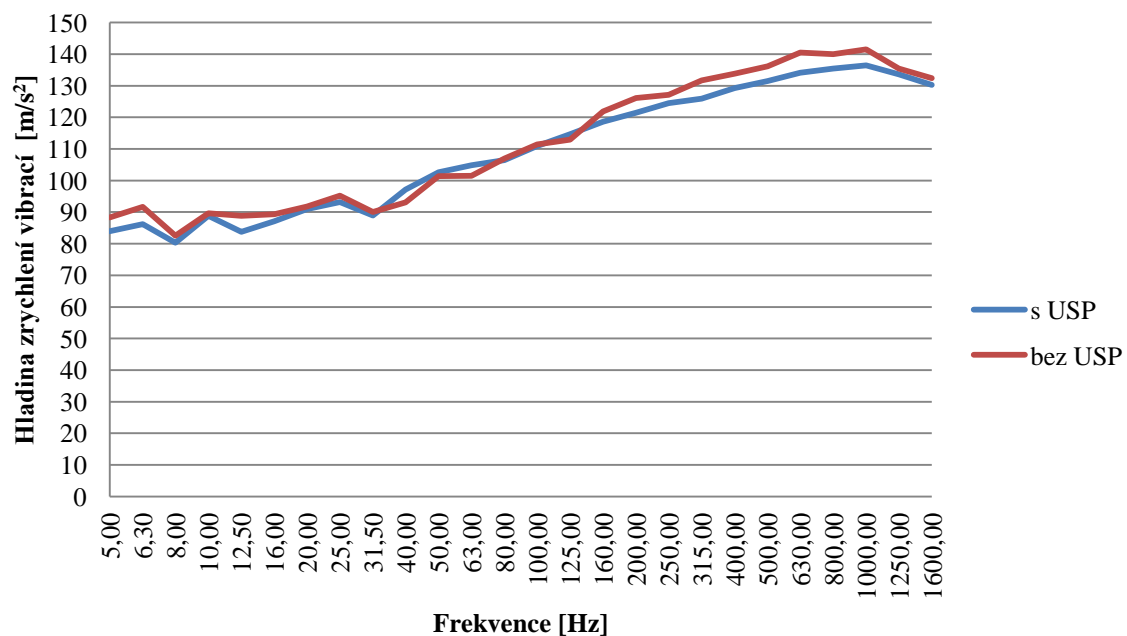
Osa kolejnice L



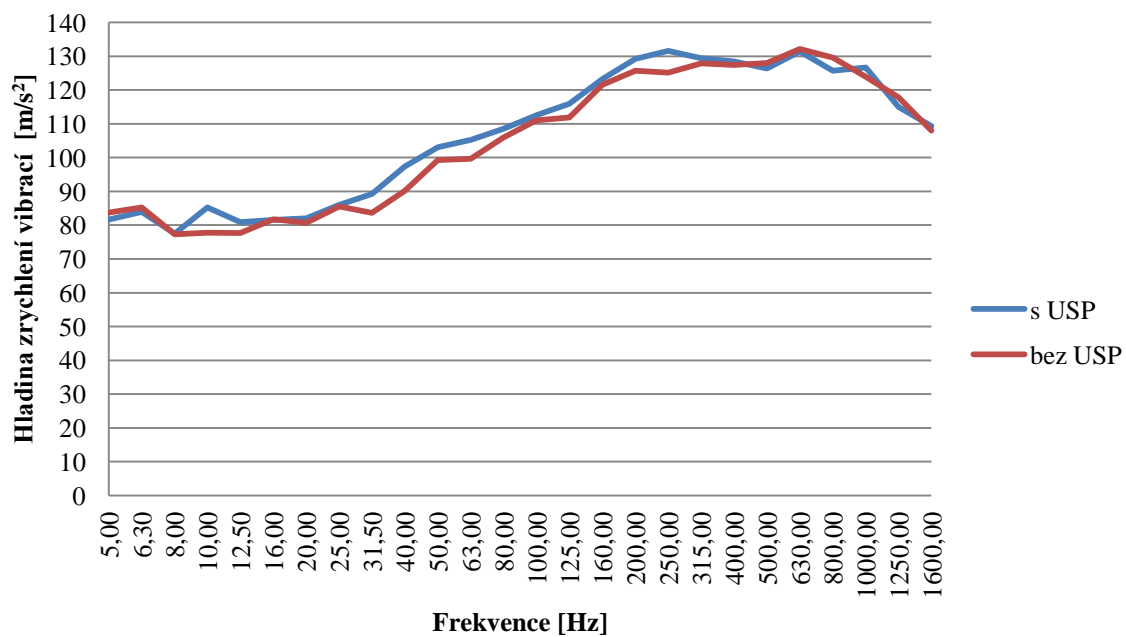
Osa pražce



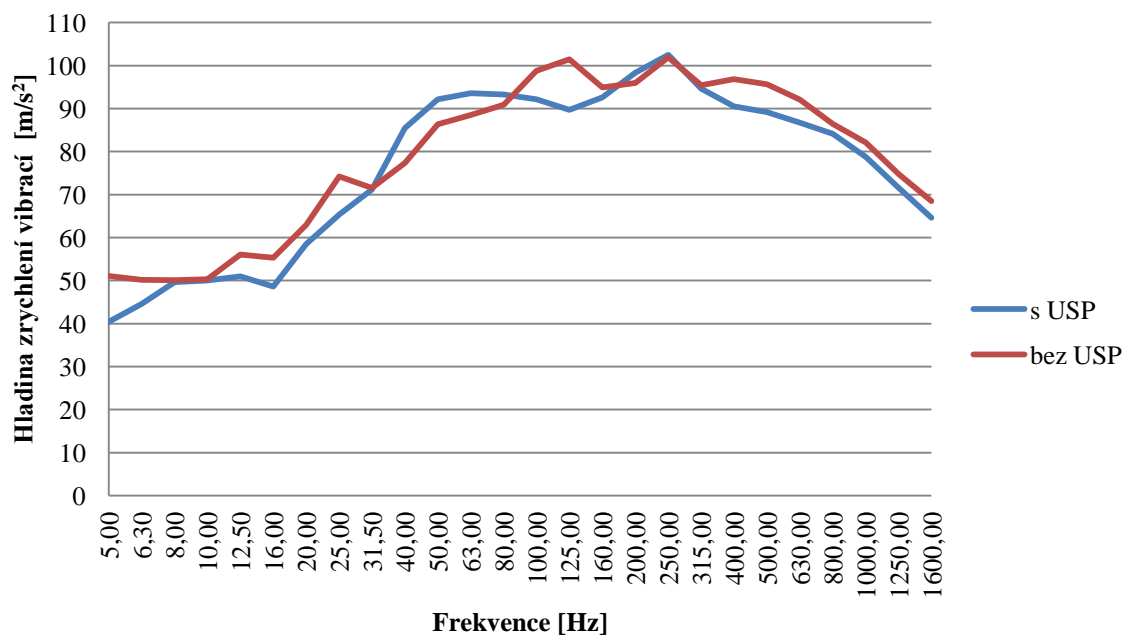
Osa kolejnice P



Hlava betonového pražce P



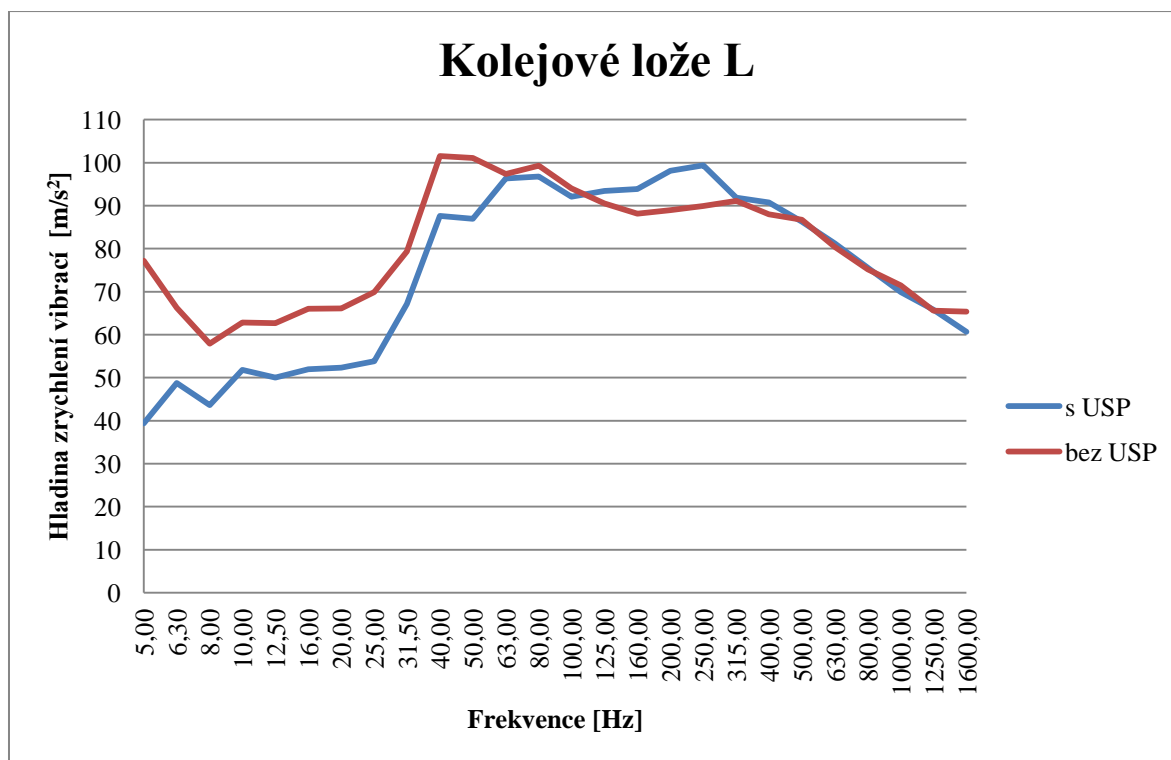
Kolejové lože P



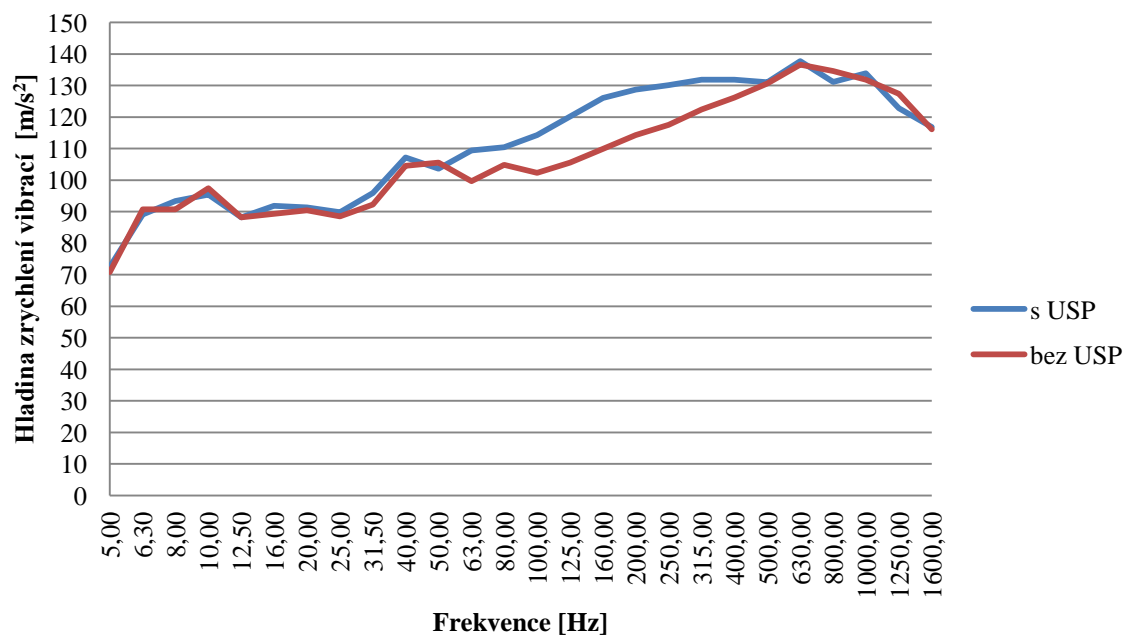
Vyhodnocení třetinooktávových analýz průběhu hladiny intenzity zvuku v běžné koleji – Planá nad Lužnicí, přímý úsek, Osobní vlak, Os – 90km/h s USP a Os – 87km/h bez USP

Seznam vyobrazení pro hodnocení dle sledovaného místa:

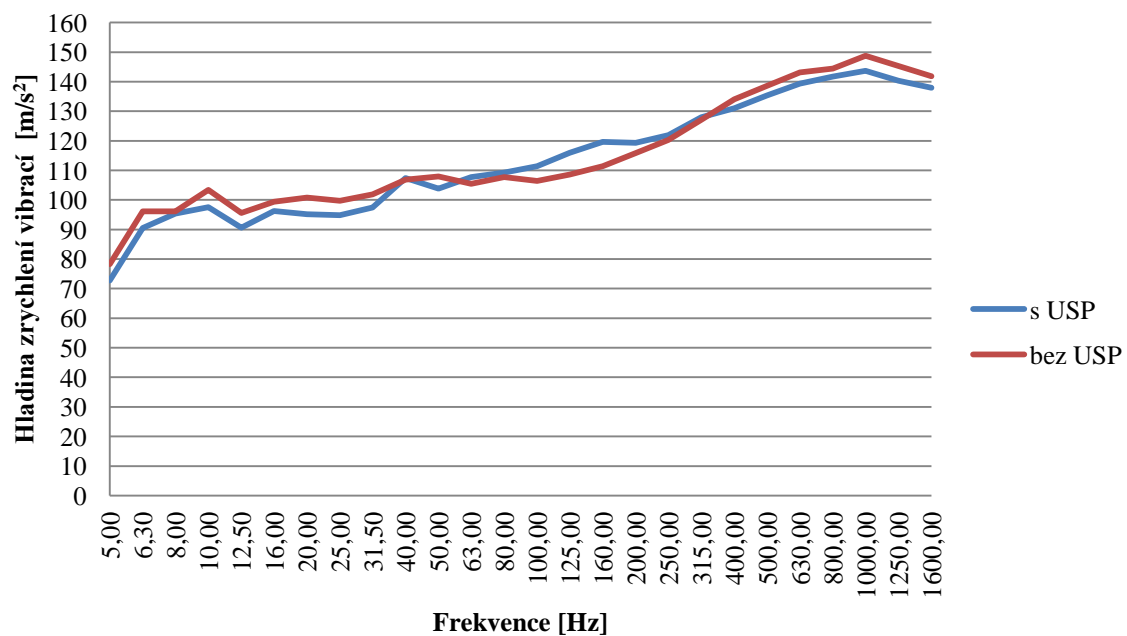
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejniče L
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose pražce
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na ose kolejniče P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na hlavě betonového pražce P
- třetinooktávová spektra pro zrychlení vibrací na kolejovém loži P



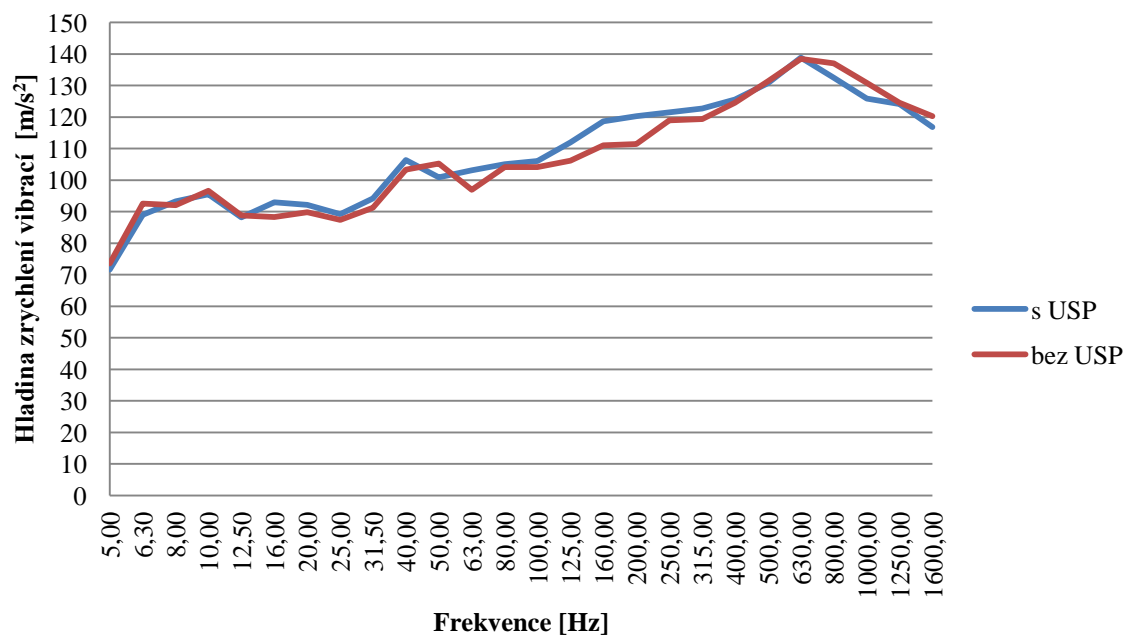
Hlava betonového pražce L



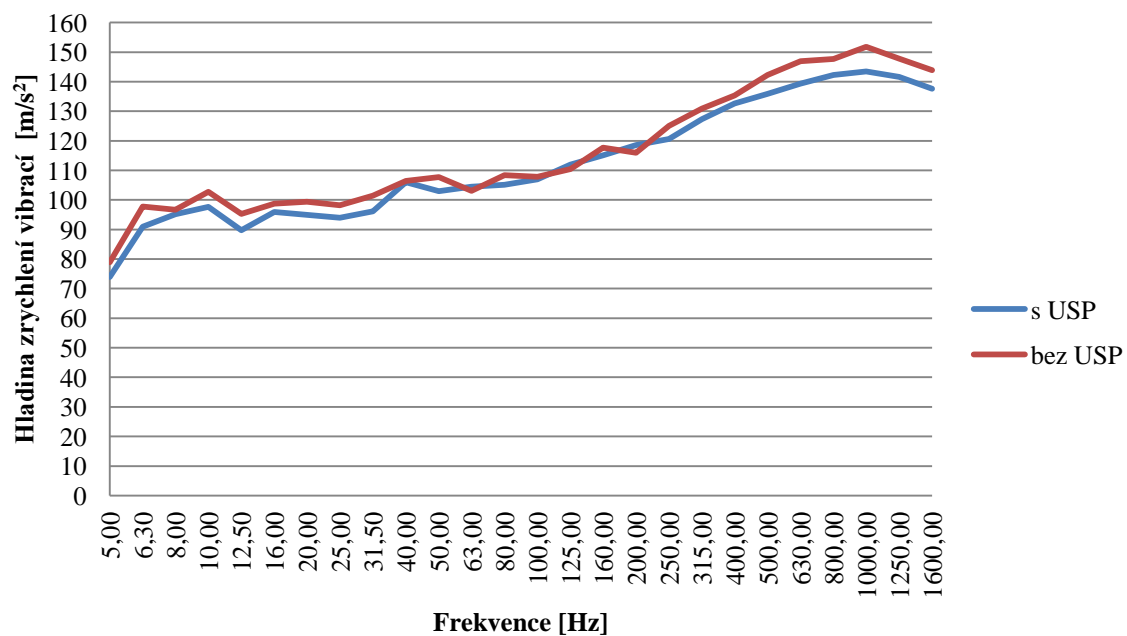
Osa kolejnice L



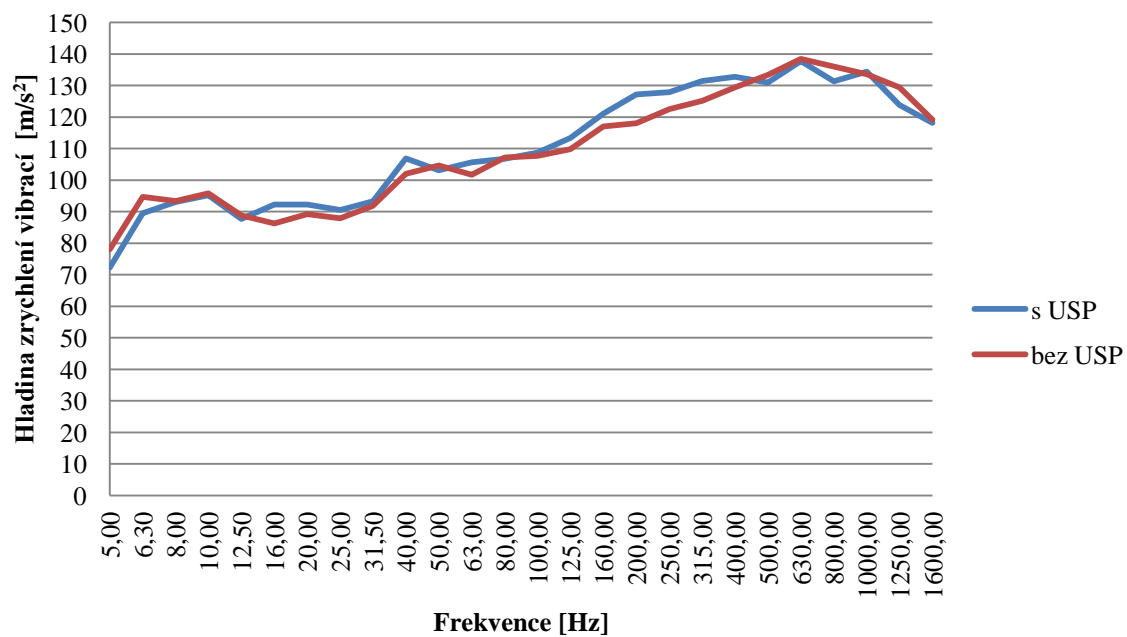
Osa pražce



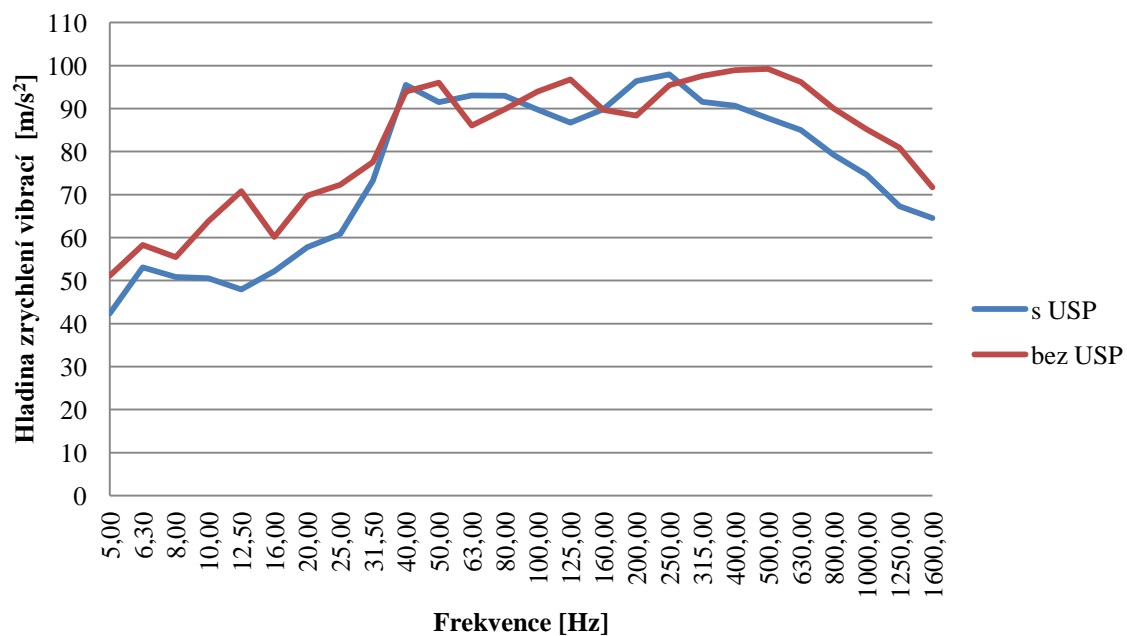
Osa kolejnice P



Hlava betonového pražce P



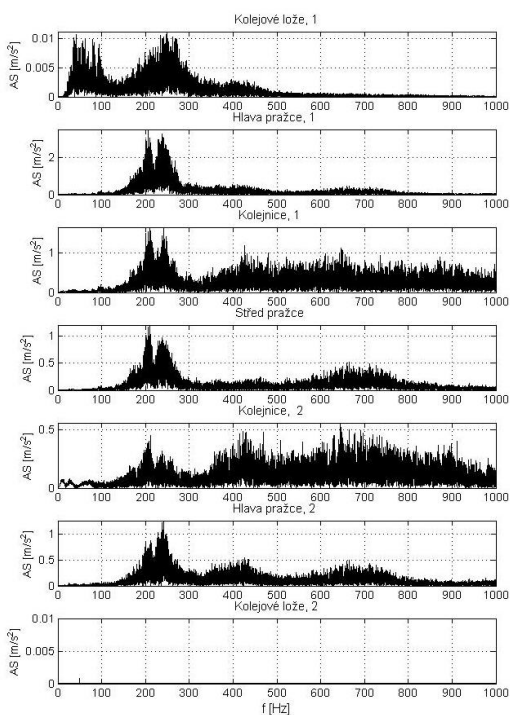
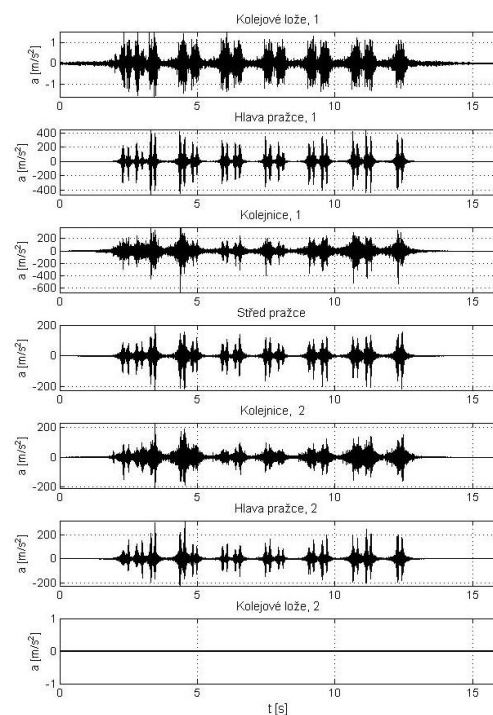
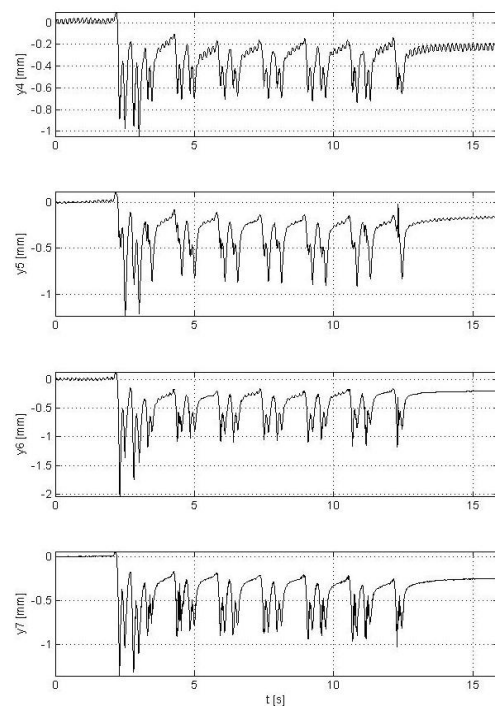
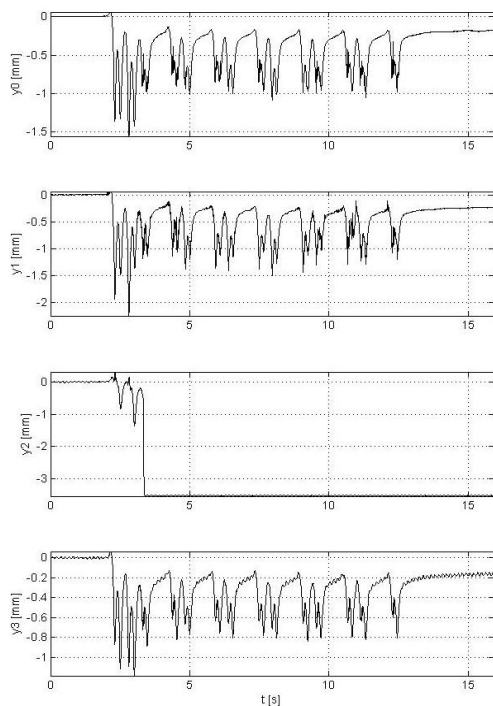
Kolejové lože P



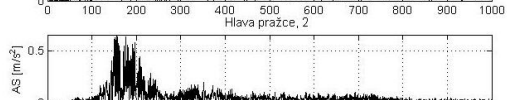
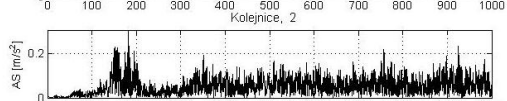
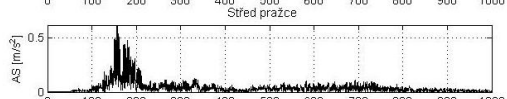
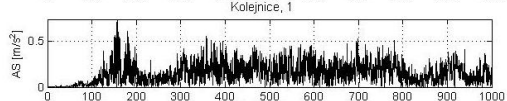
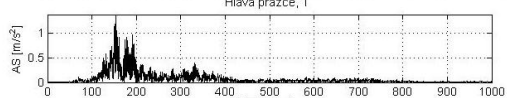
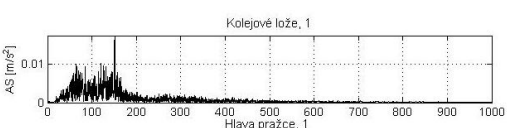
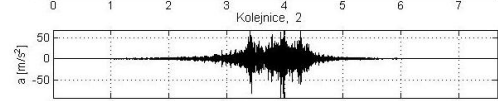
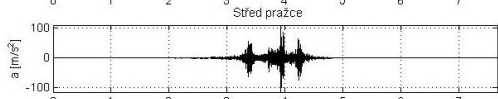
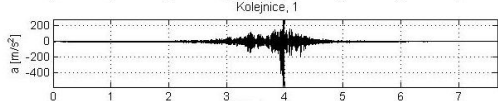
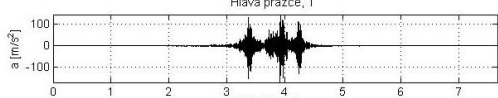
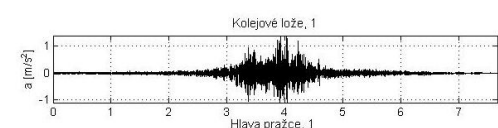
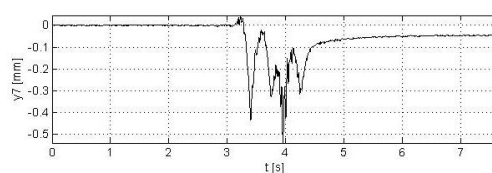
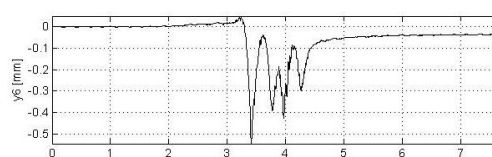
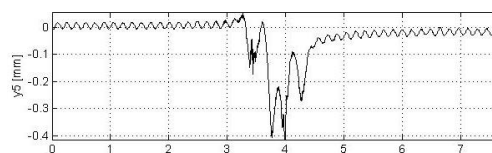
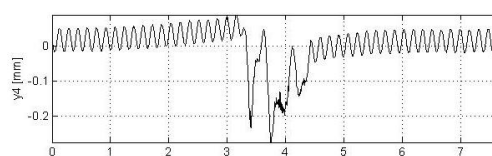
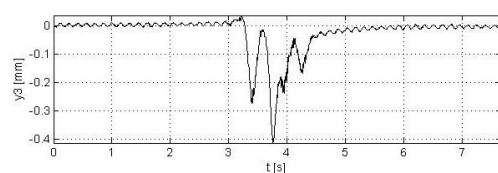
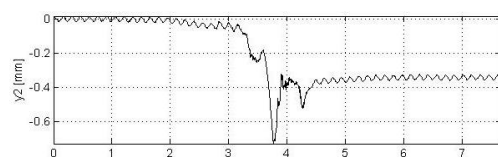
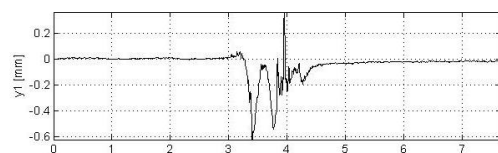
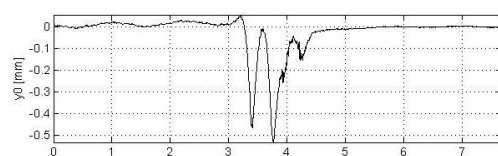
Příloha č. 4

Grafy posunů a vibrací pro Havlíčkův Brod, s a bez USP

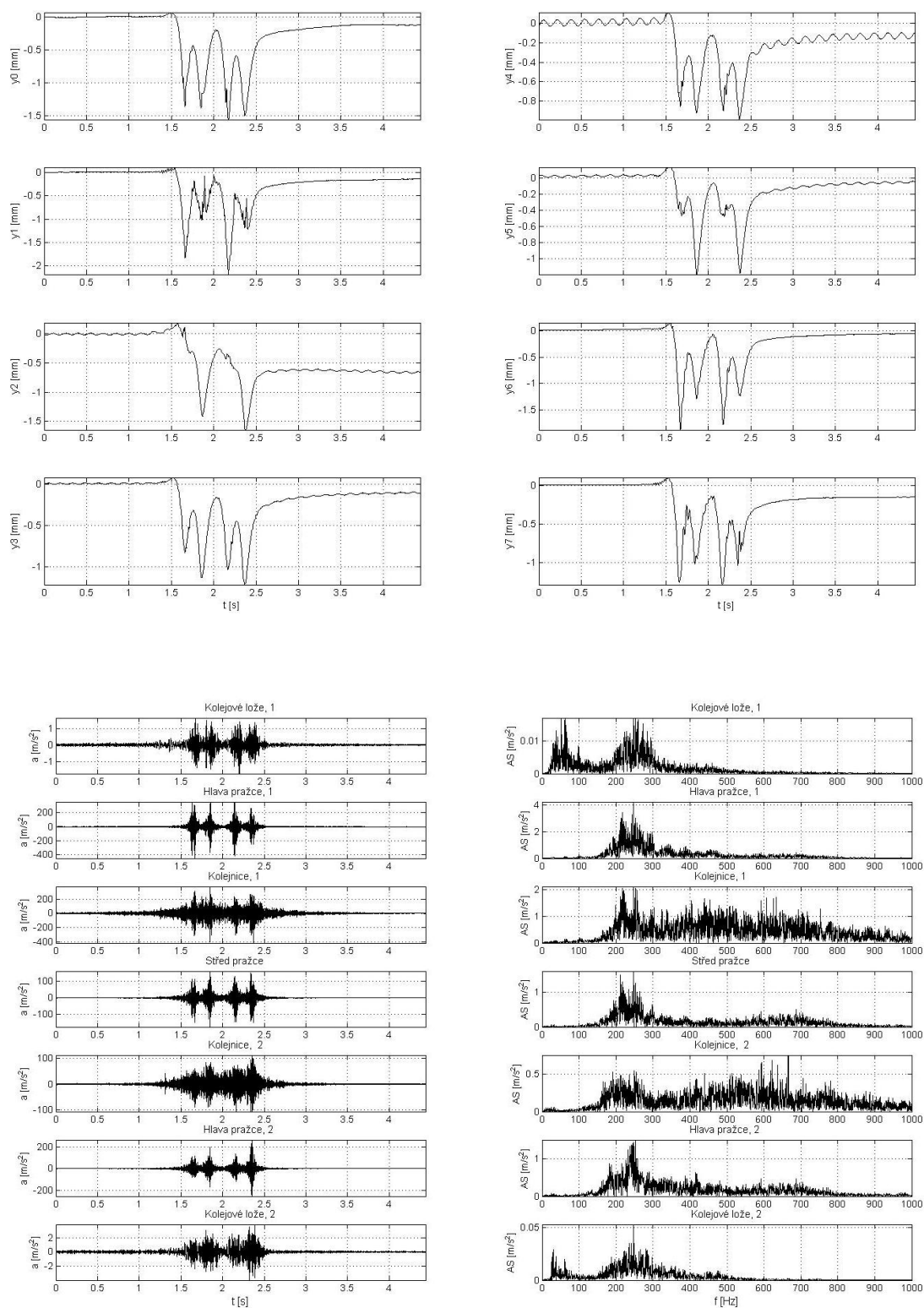
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 62km/h s USP



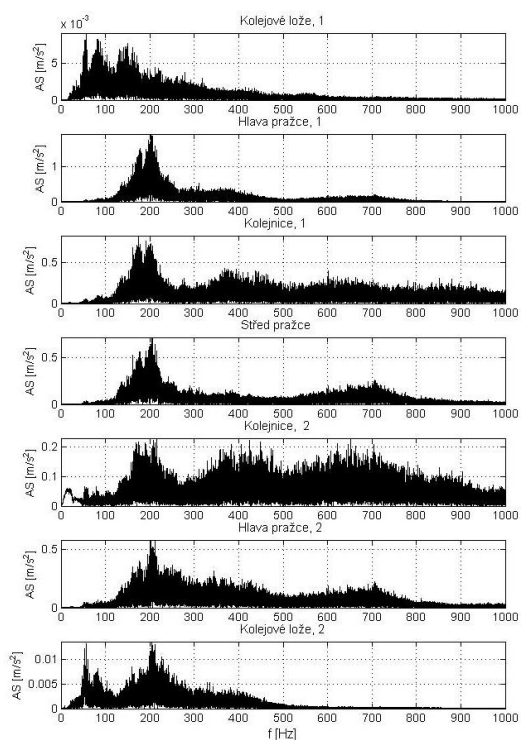
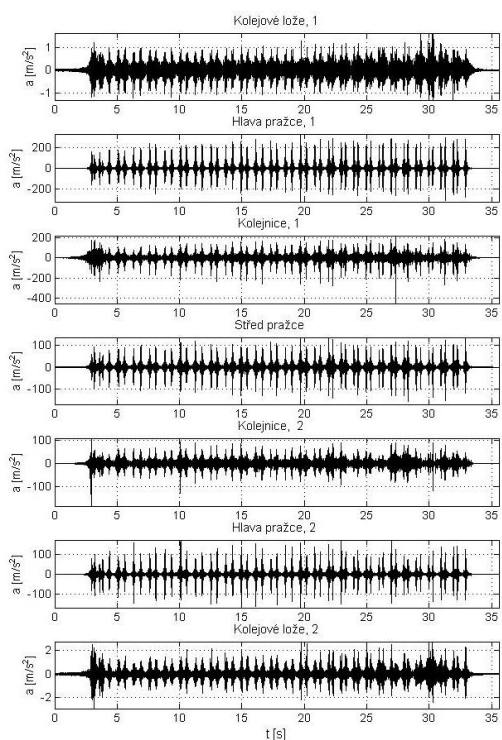
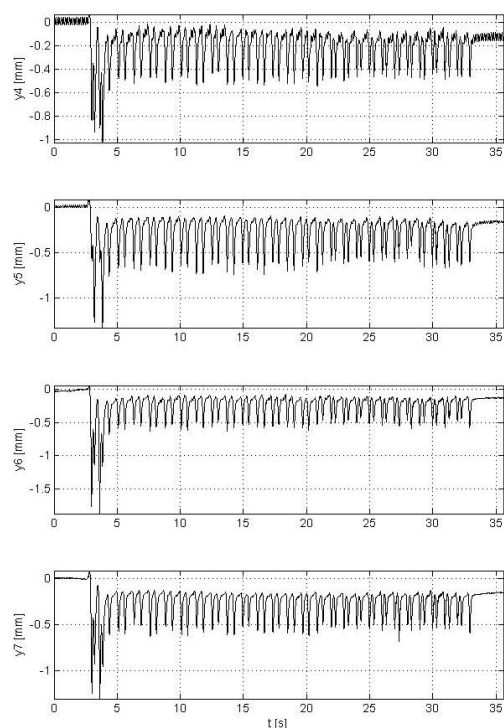
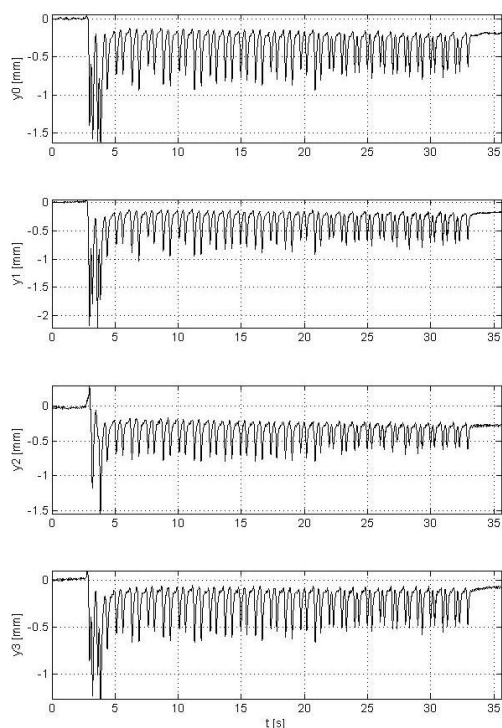
Graf posunů a zrychlení pro vlak MOV s vozíkem, 4 nápravy, 41km/h s USP



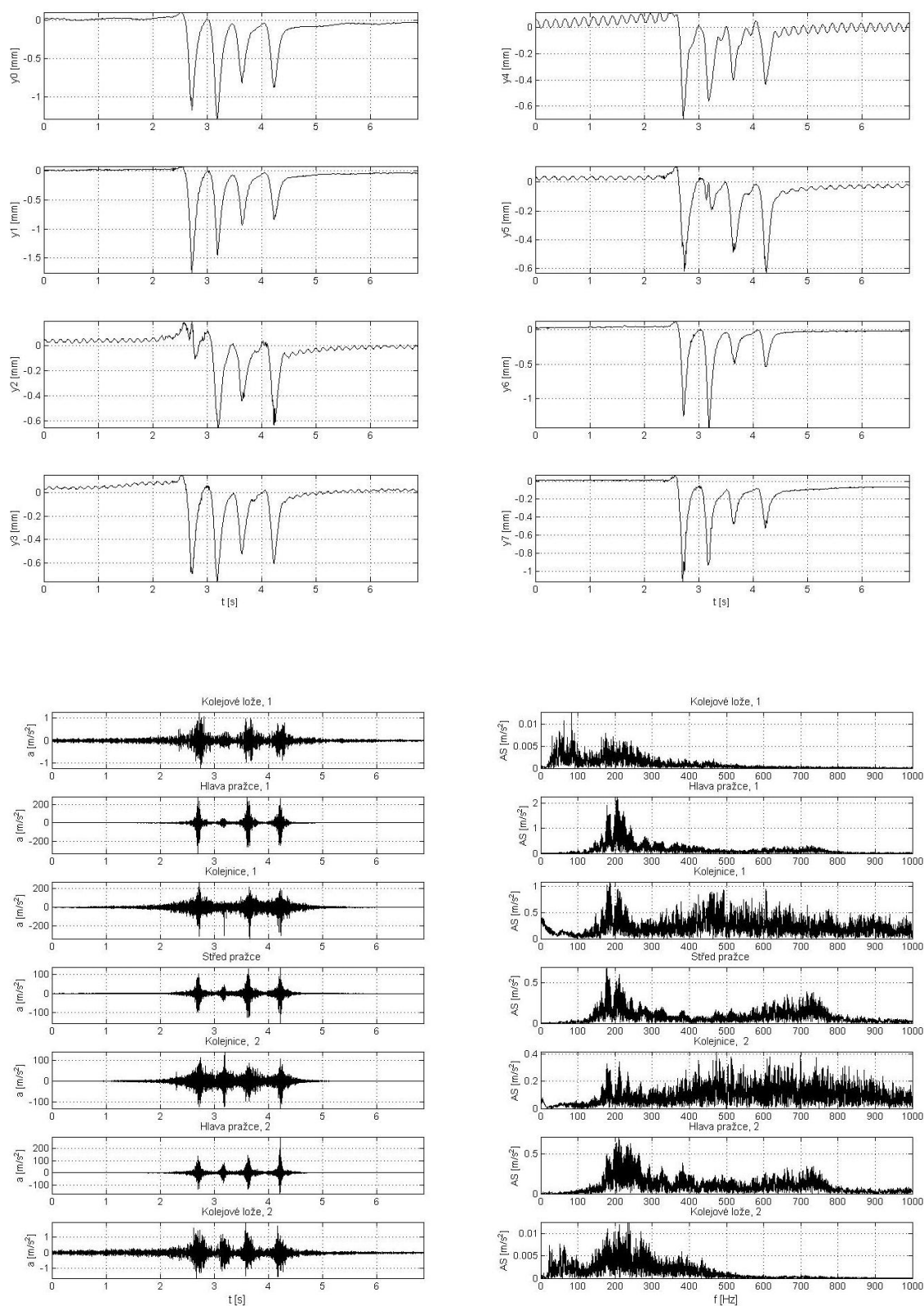
Graf posunů a zrychlení pro vlak Lo, 4 nápravy, 60km/h s USP



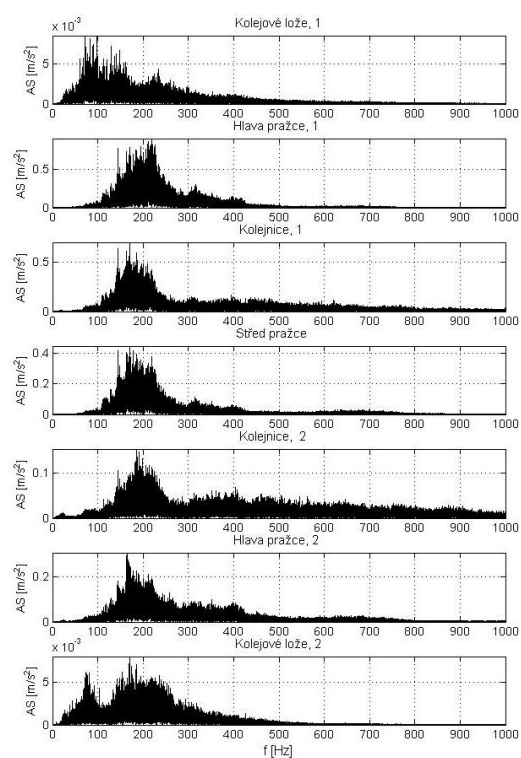
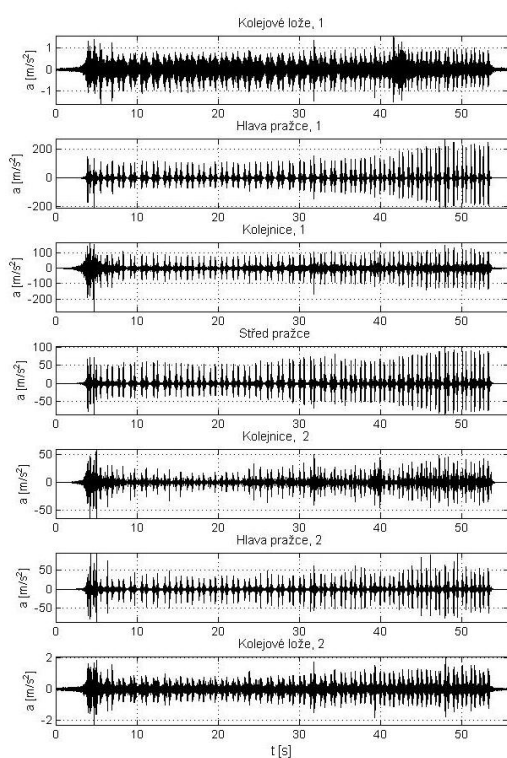
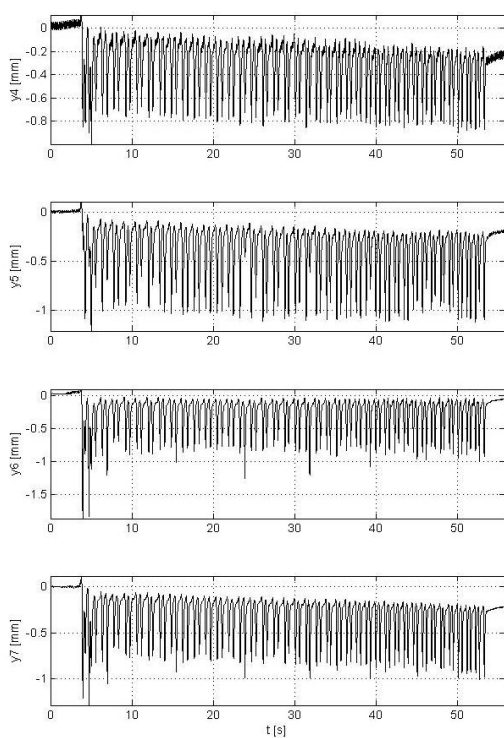
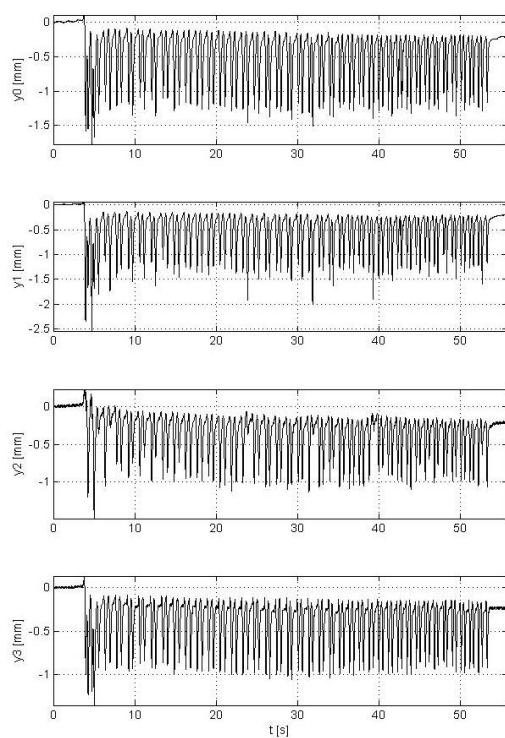
Graf posunů a zrychlení pro vlak Na, 40km/h, L230 s USP



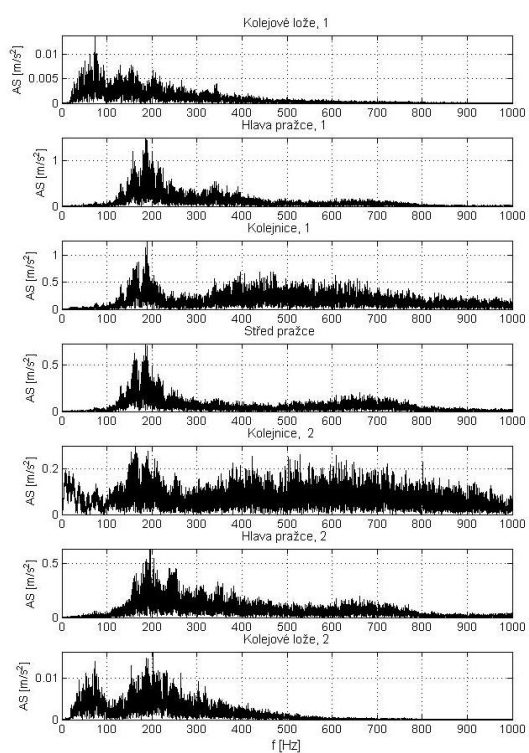
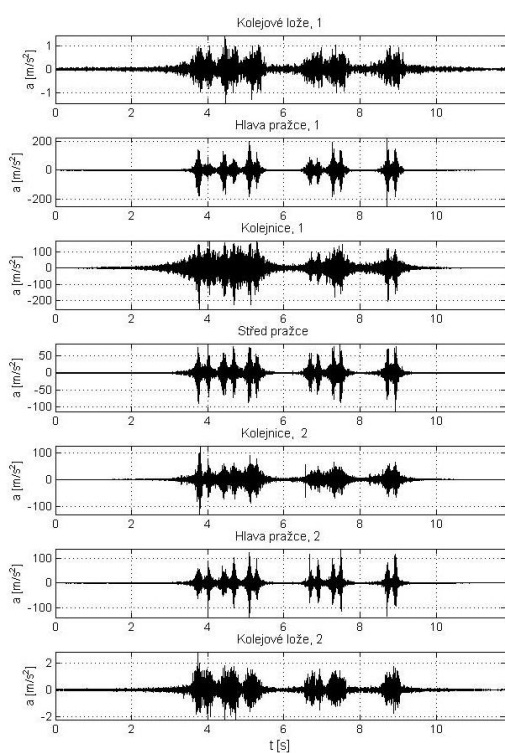
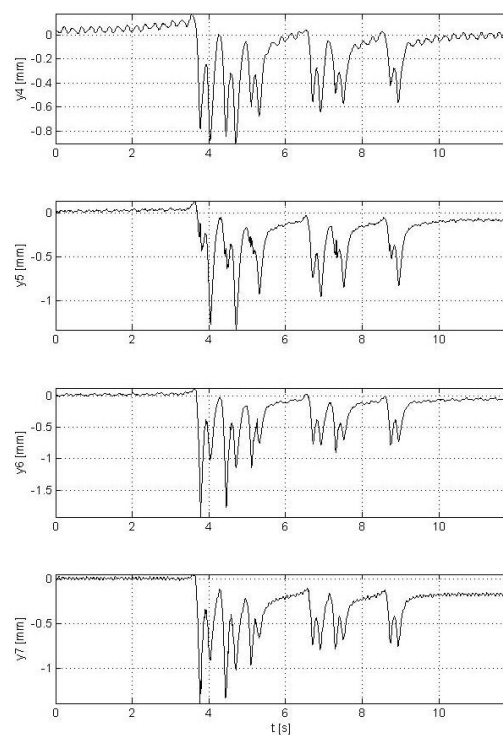
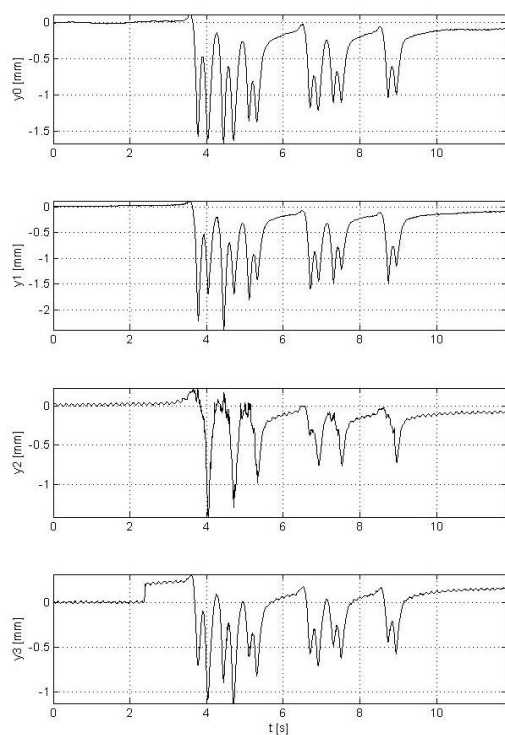
Graf posunů a zrychlení pro Měřicí vůz, 51km/h s USP



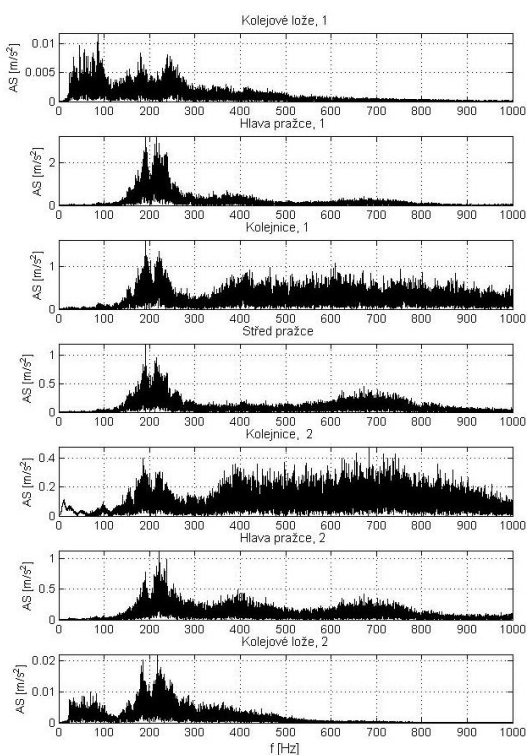
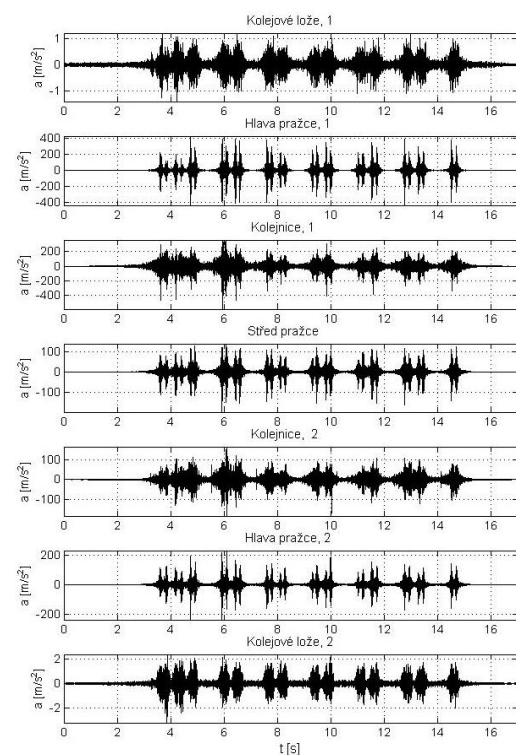
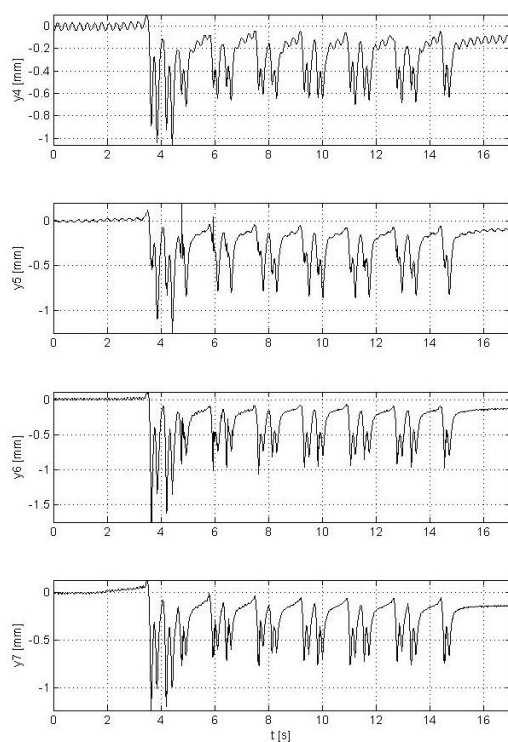
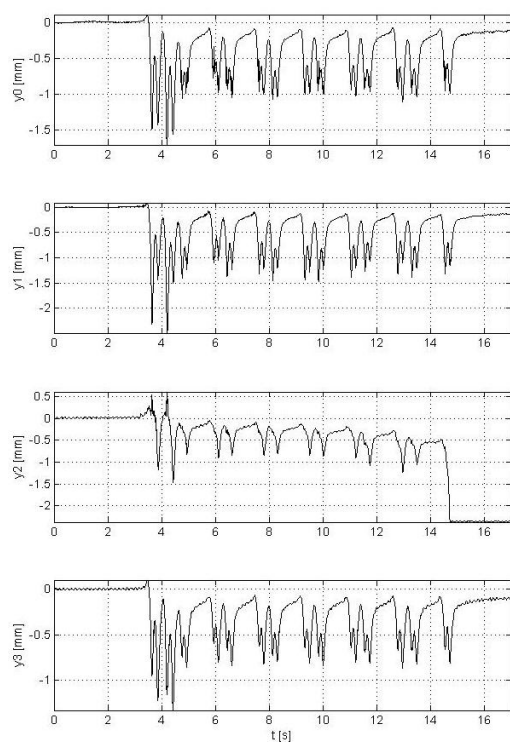
Graf posunů a zrychlení pro vlak Na, 40-46km/h s USP



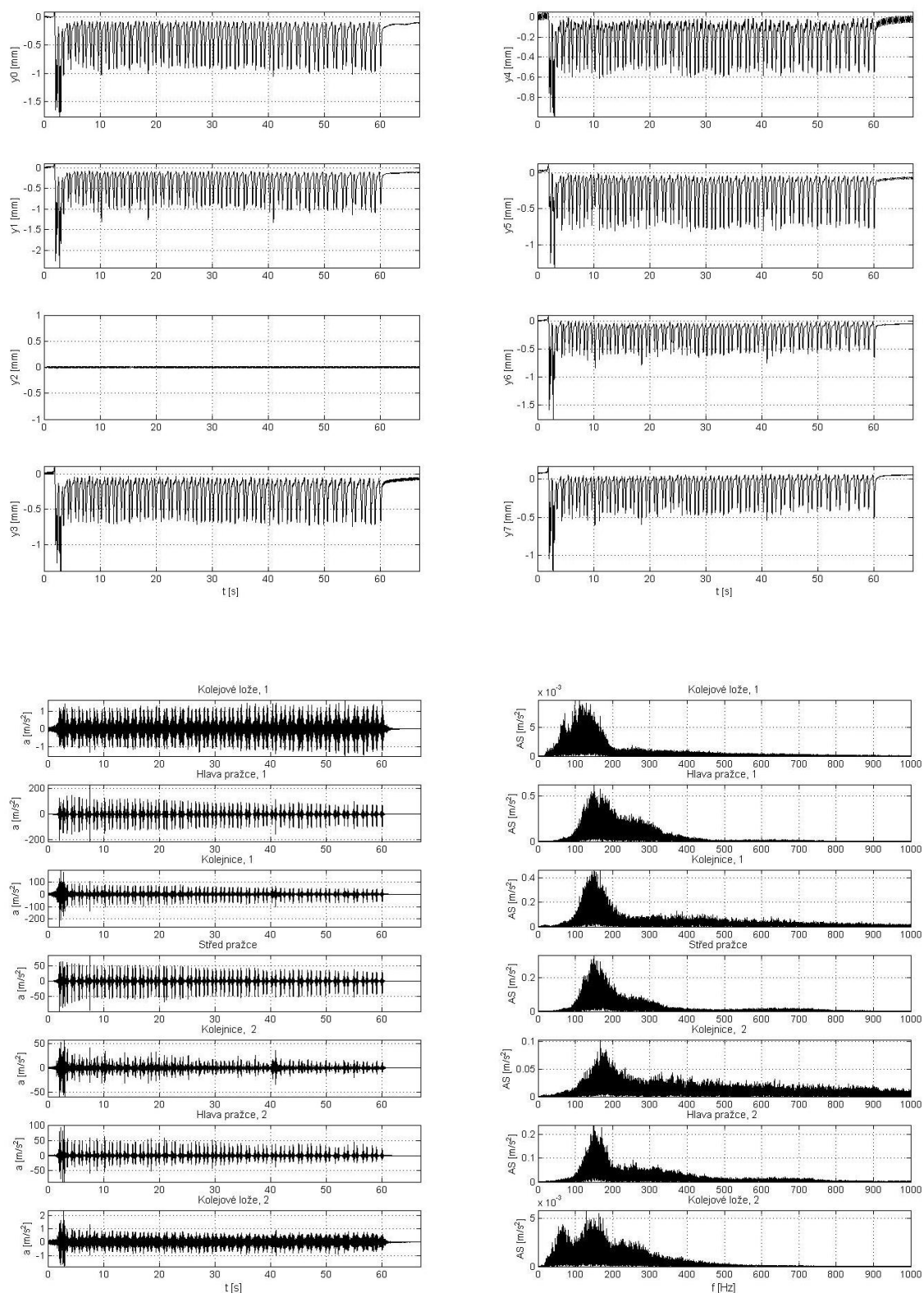
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 44km/h s USP



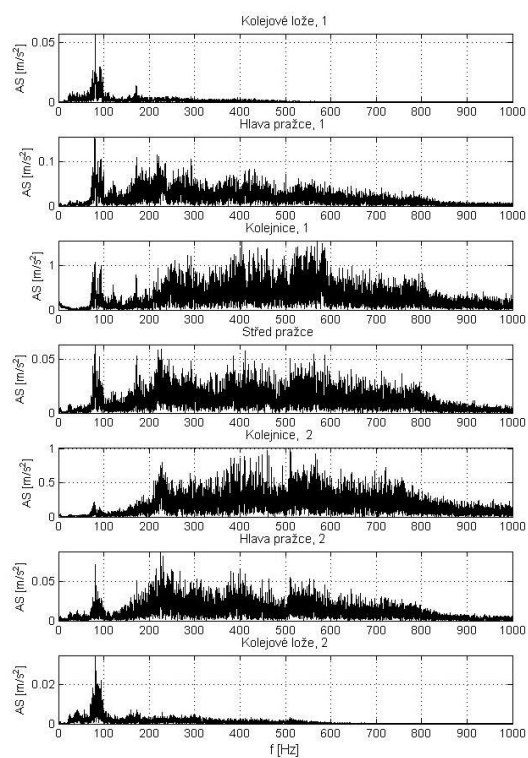
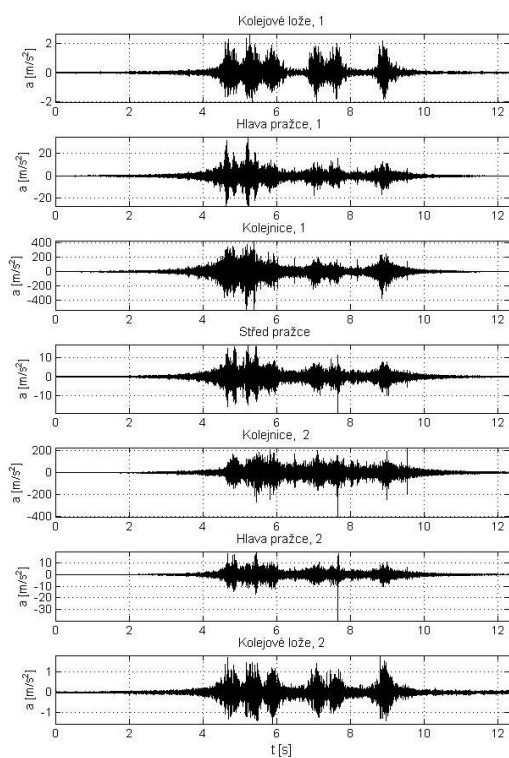
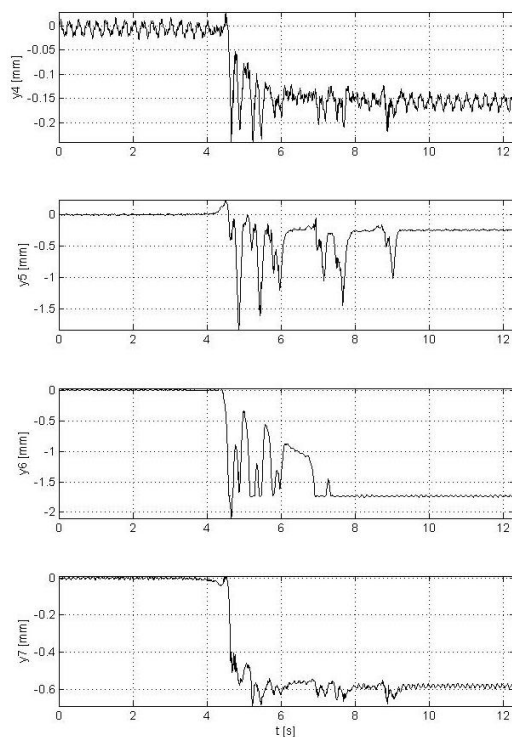
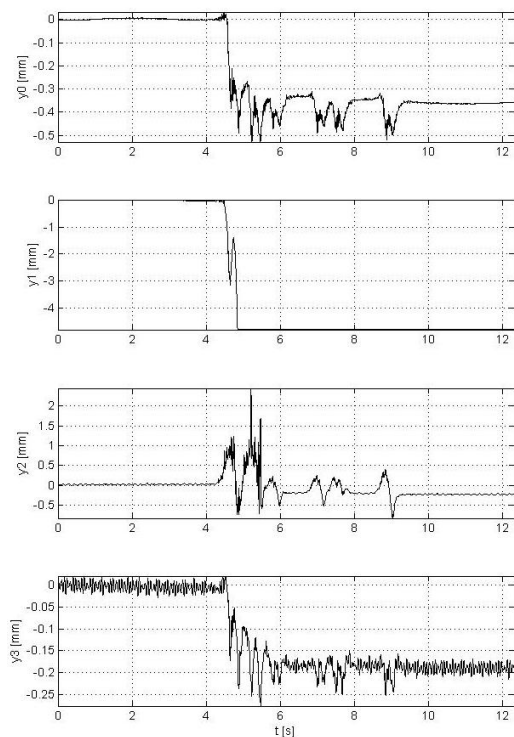
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 52-57km/h s USP



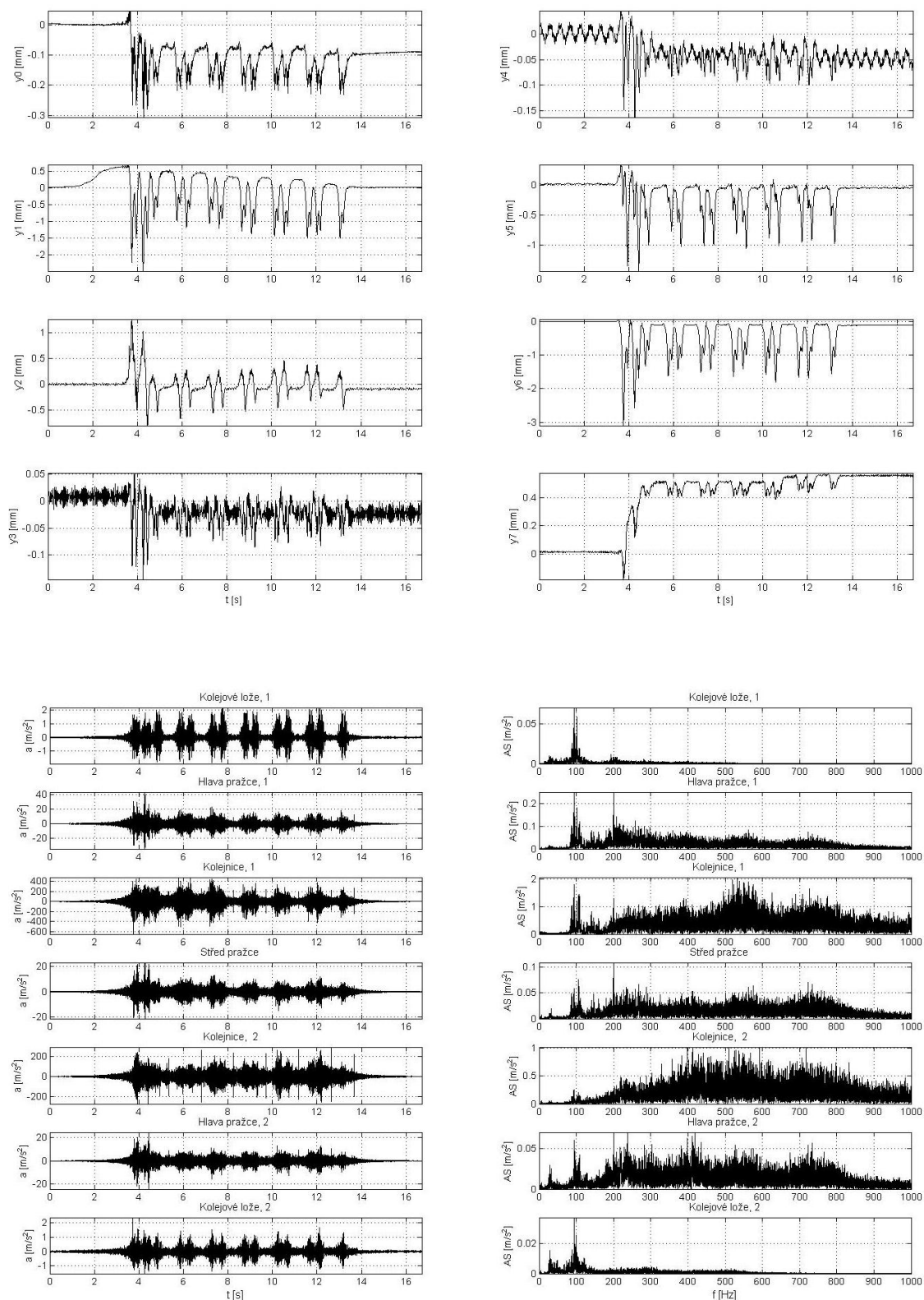
Graf posunů a zrychlení pro vlak Na, 42-29km/h s USP



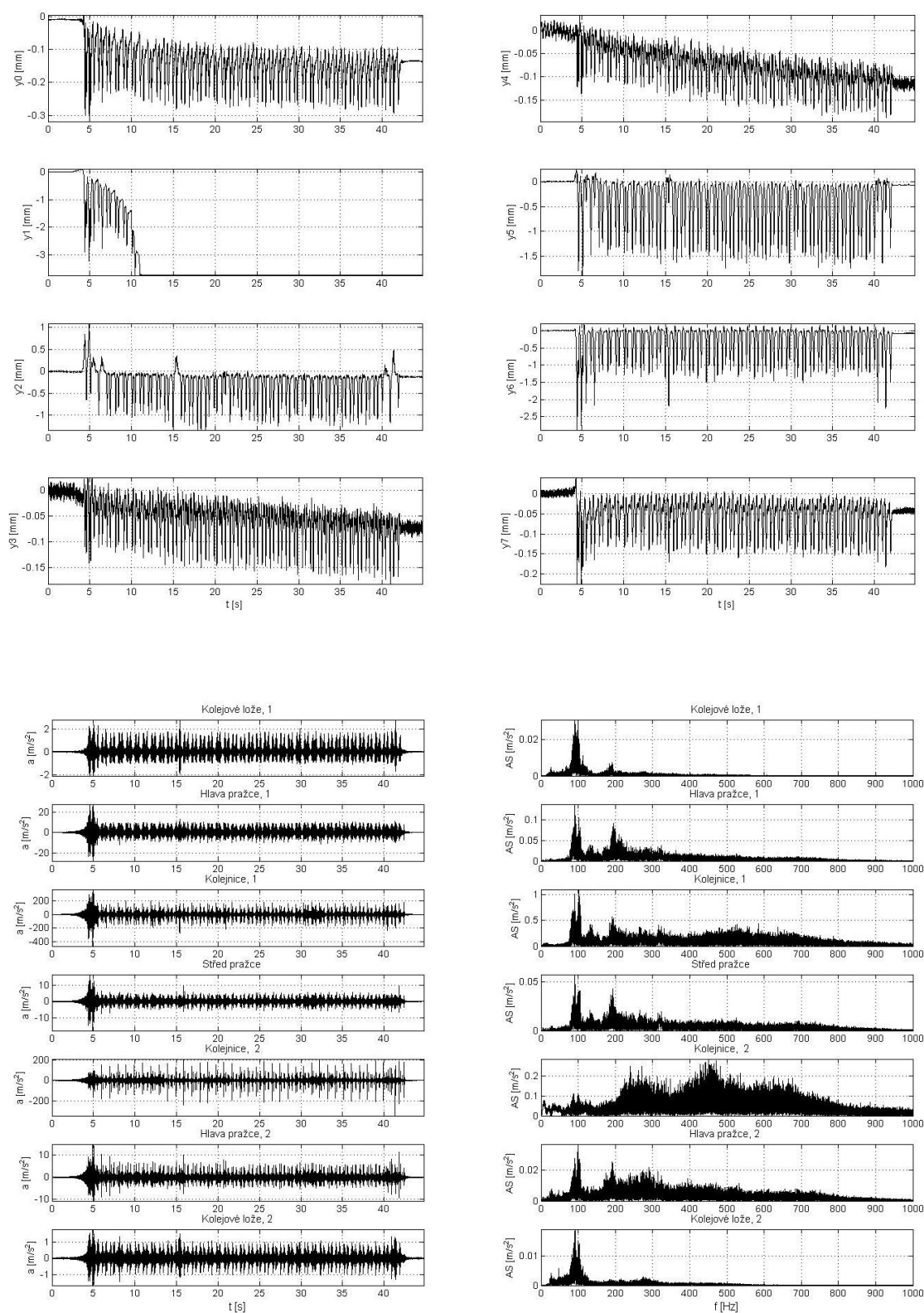
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 51km/h, bez USP



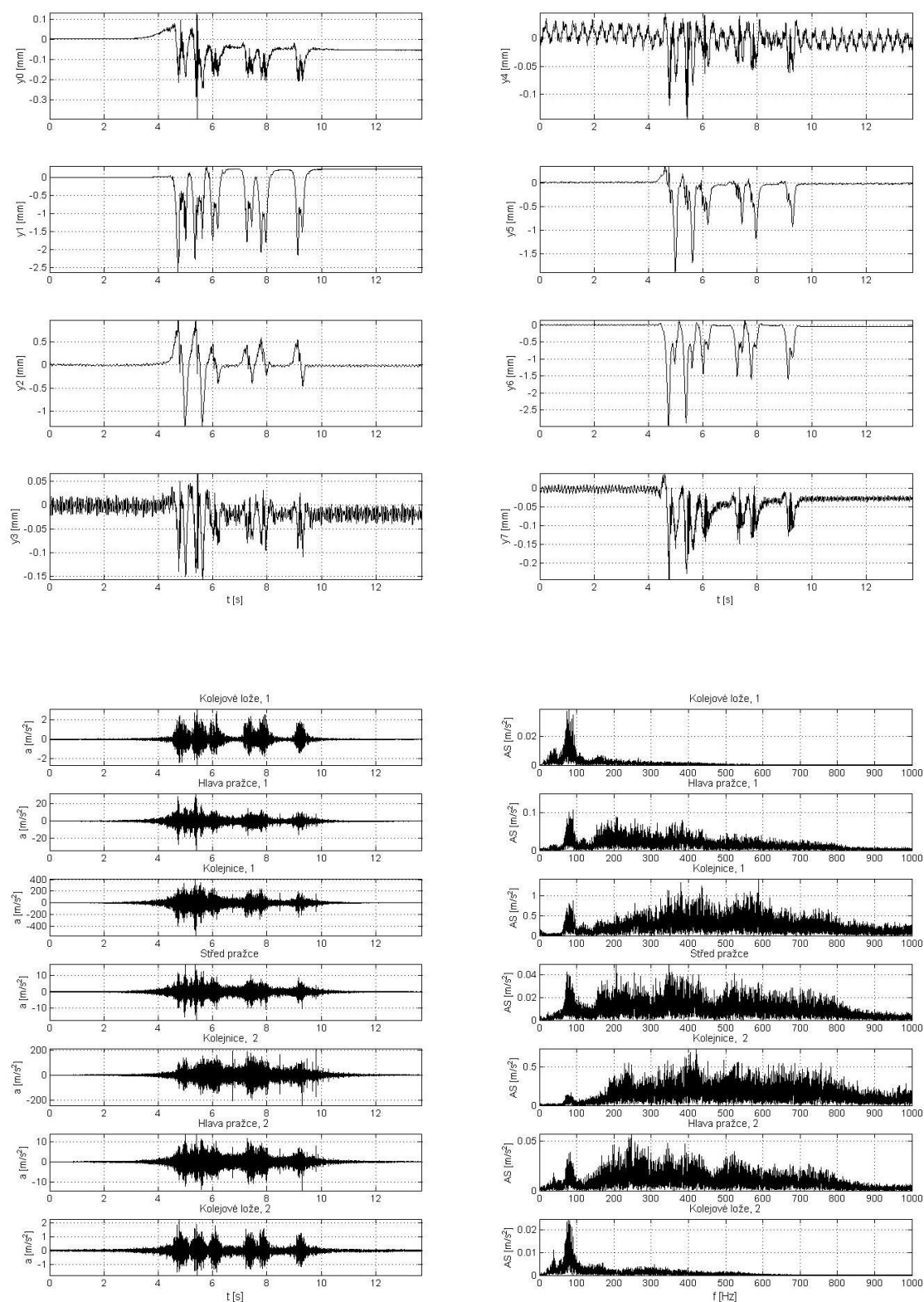
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 59km/h bez USP



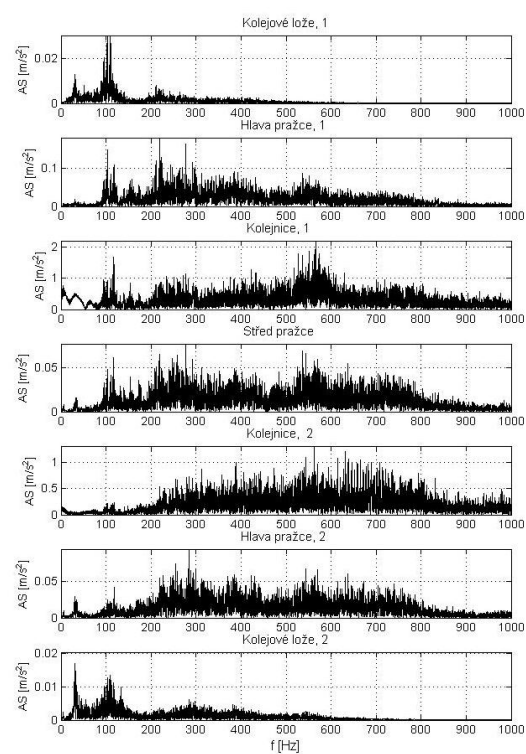
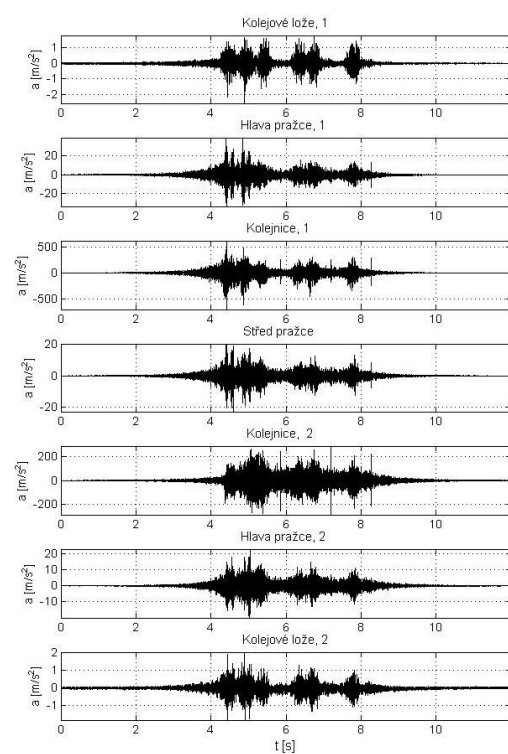
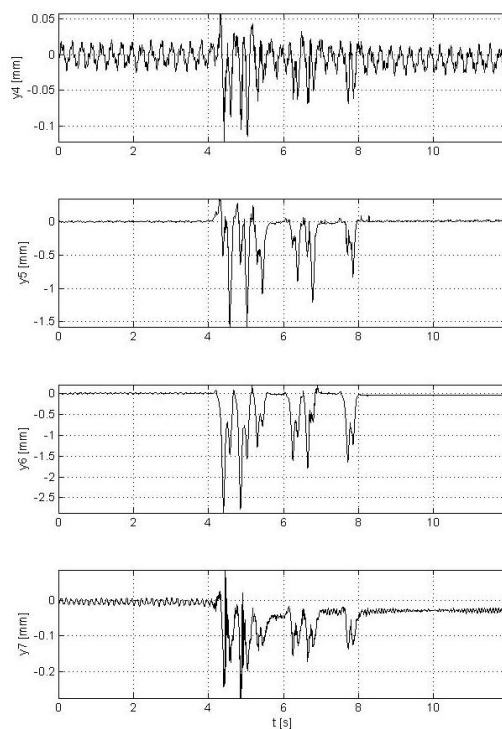
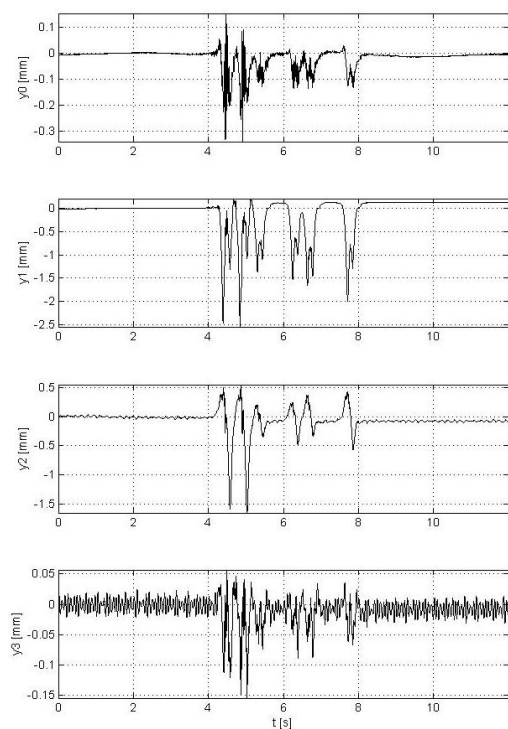
Graf posunů a zrychlení pro vlak Nex, 55km/h bez USP



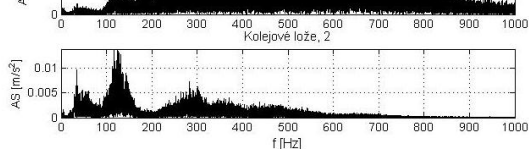
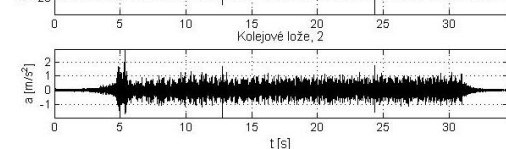
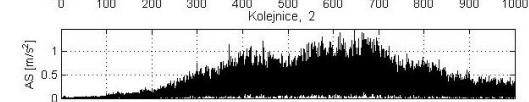
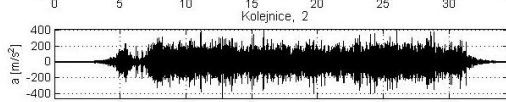
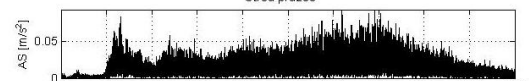
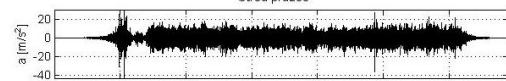
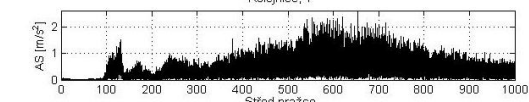
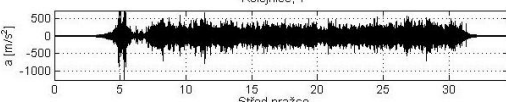
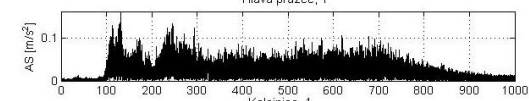
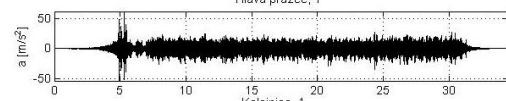
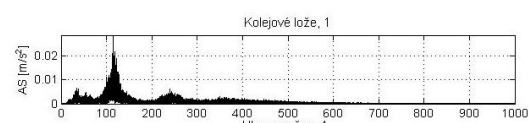
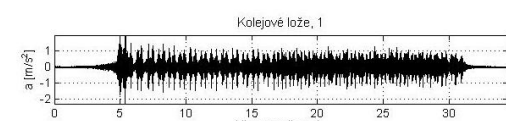
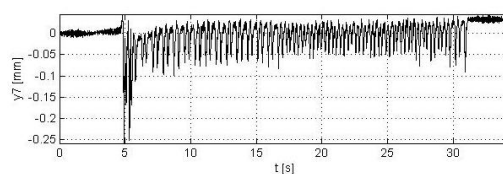
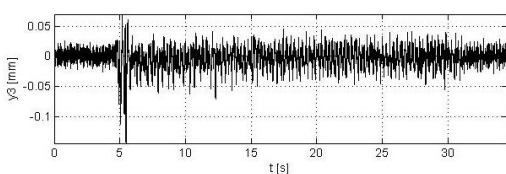
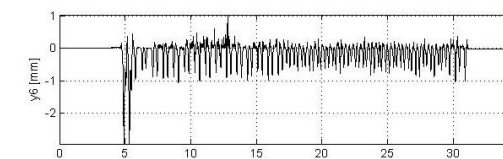
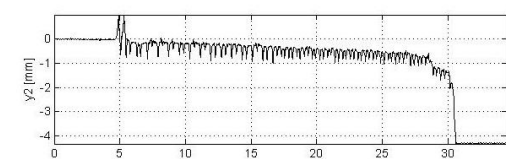
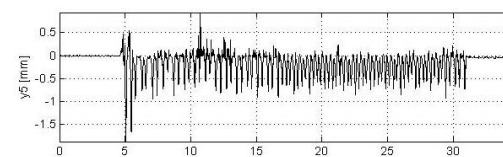
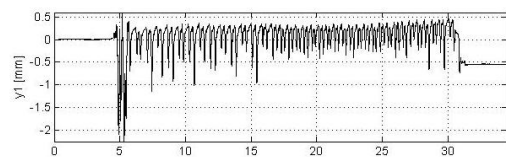
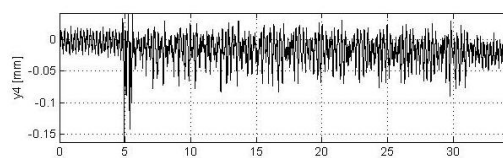
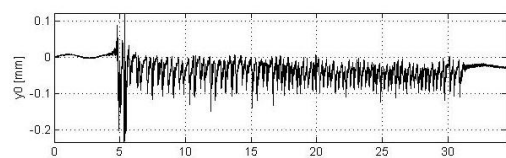
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 47km/h bez USP



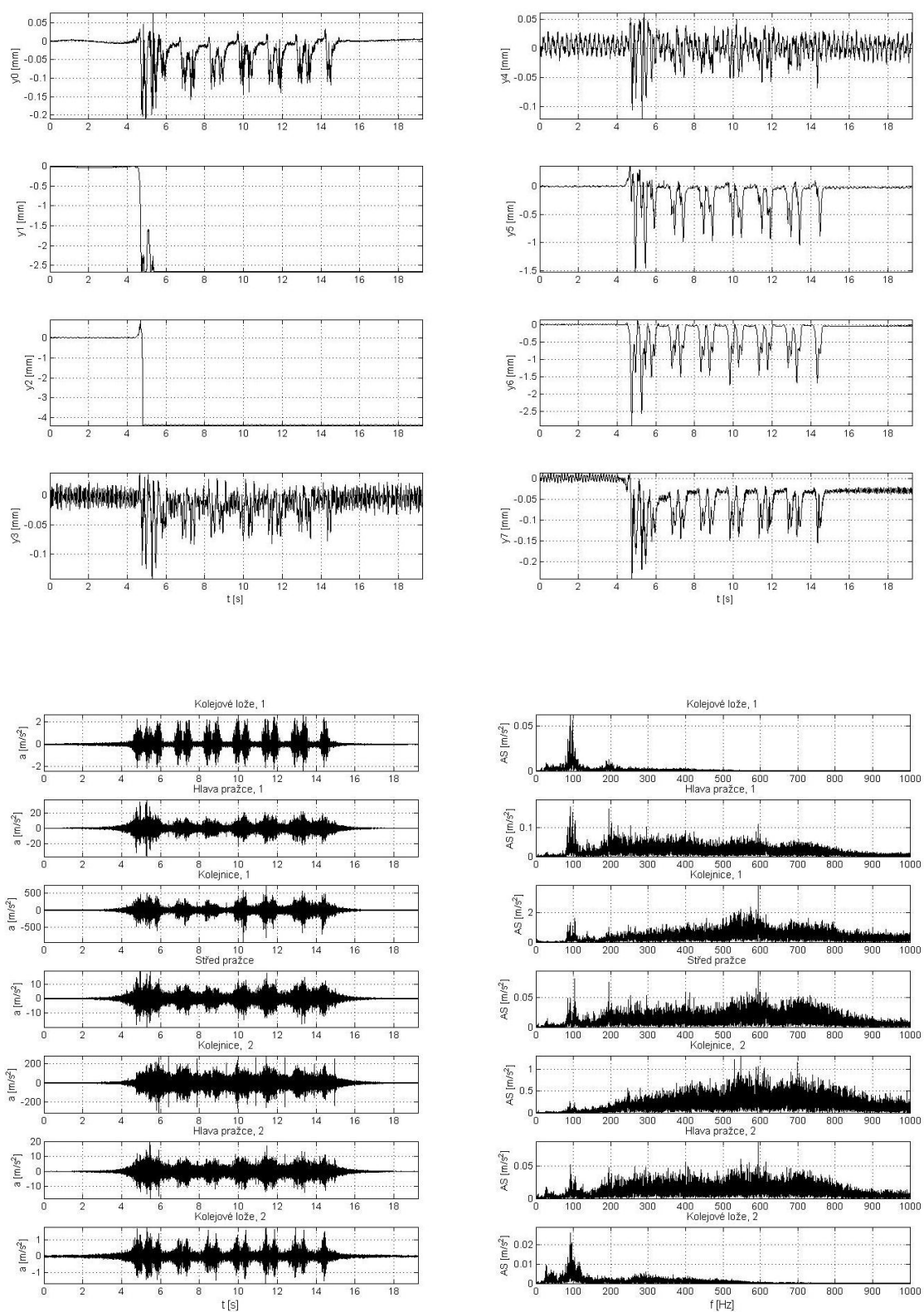
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 64km/h bez USP



Graf posunů a zrychlení pro vlak Na, 67km/h

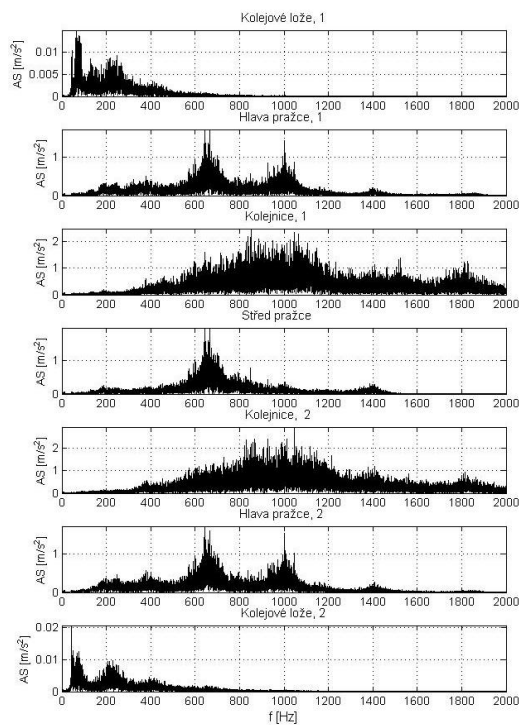
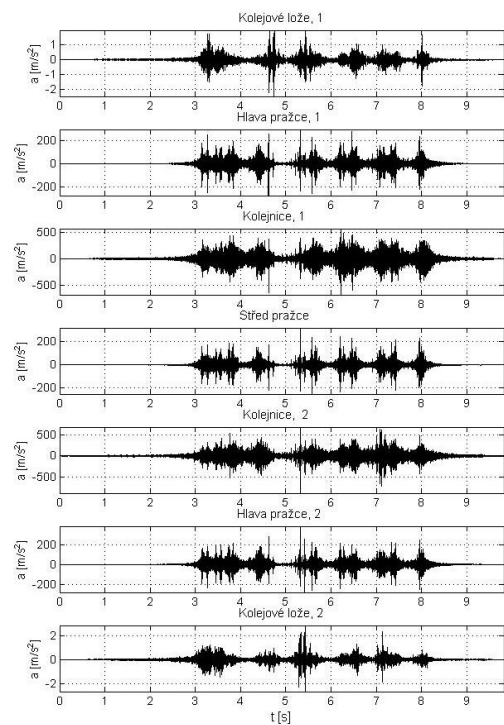
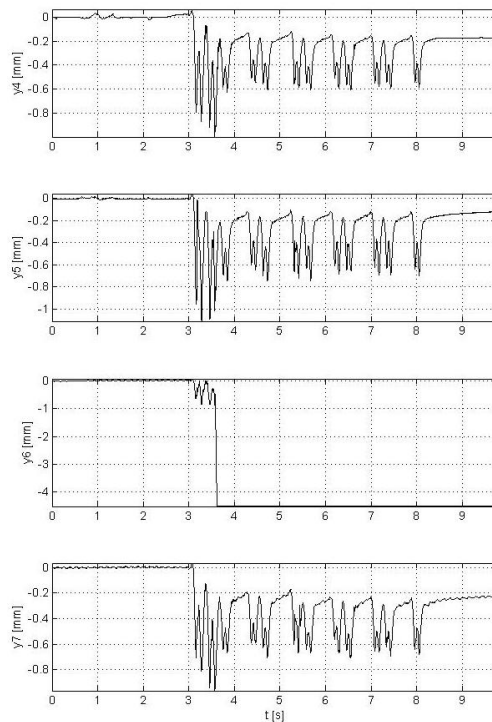
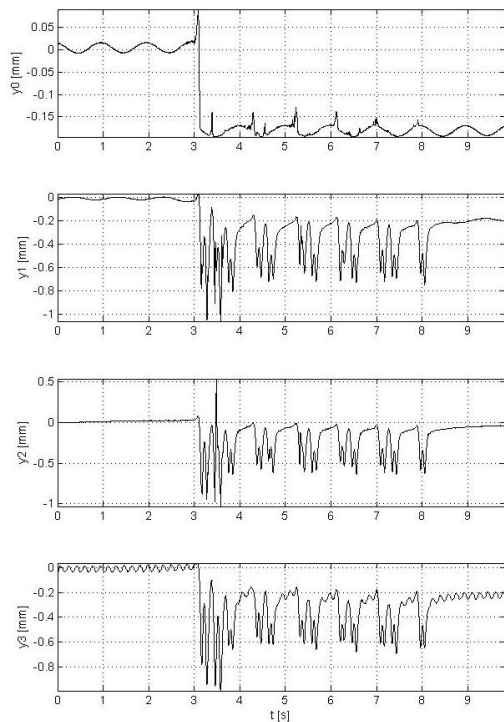


Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 57km/h bez USP

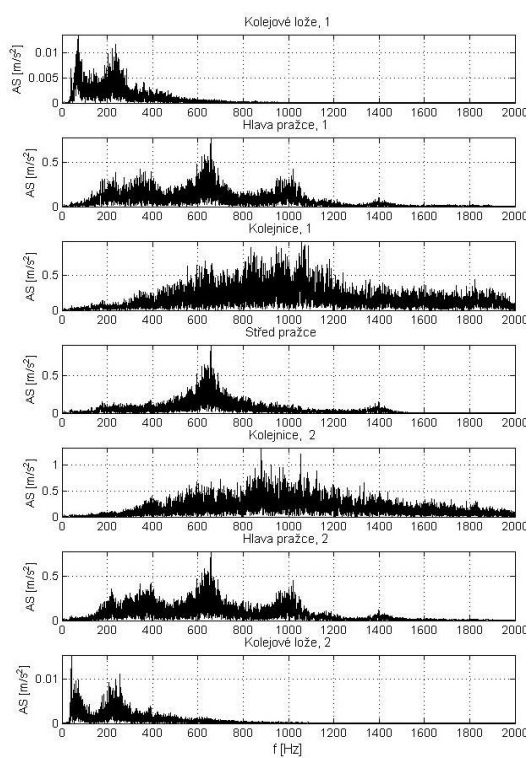
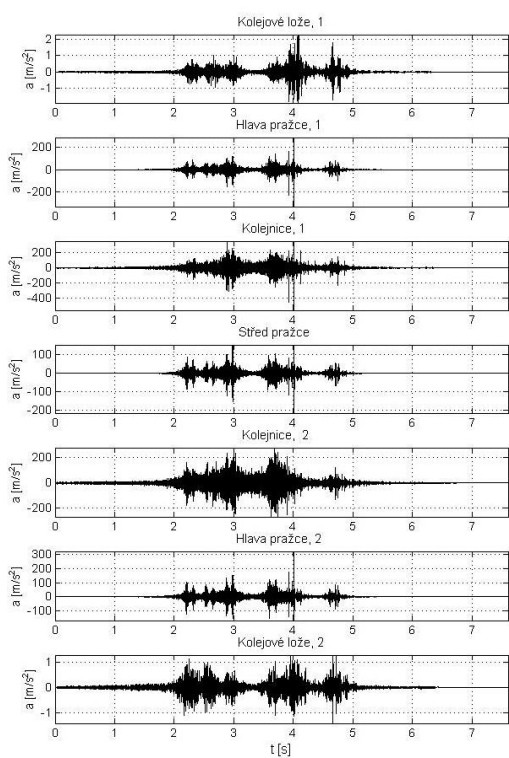
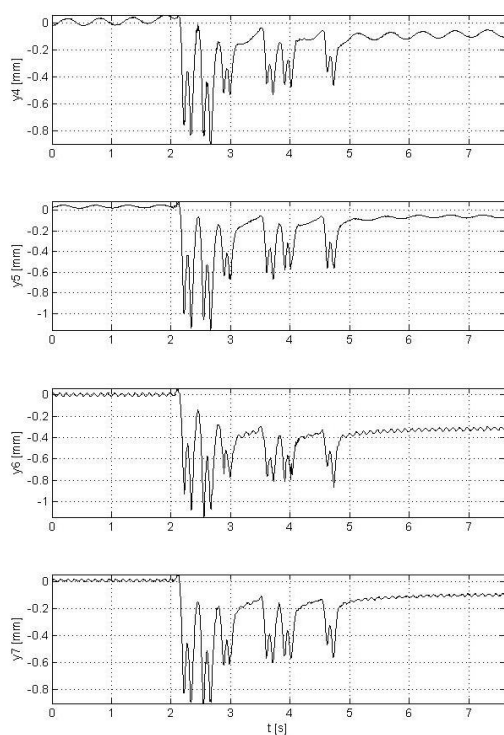
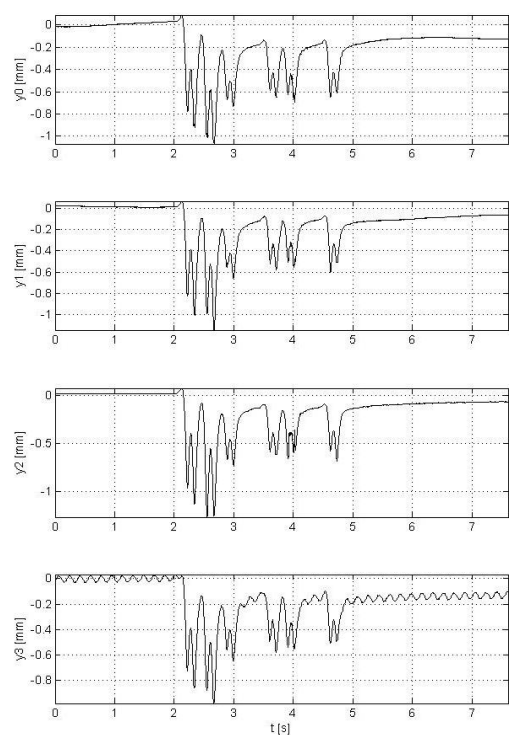


Grafy posunů a vibrací pro Planou nad Lužnicí, přímý úsek, s a bez USP

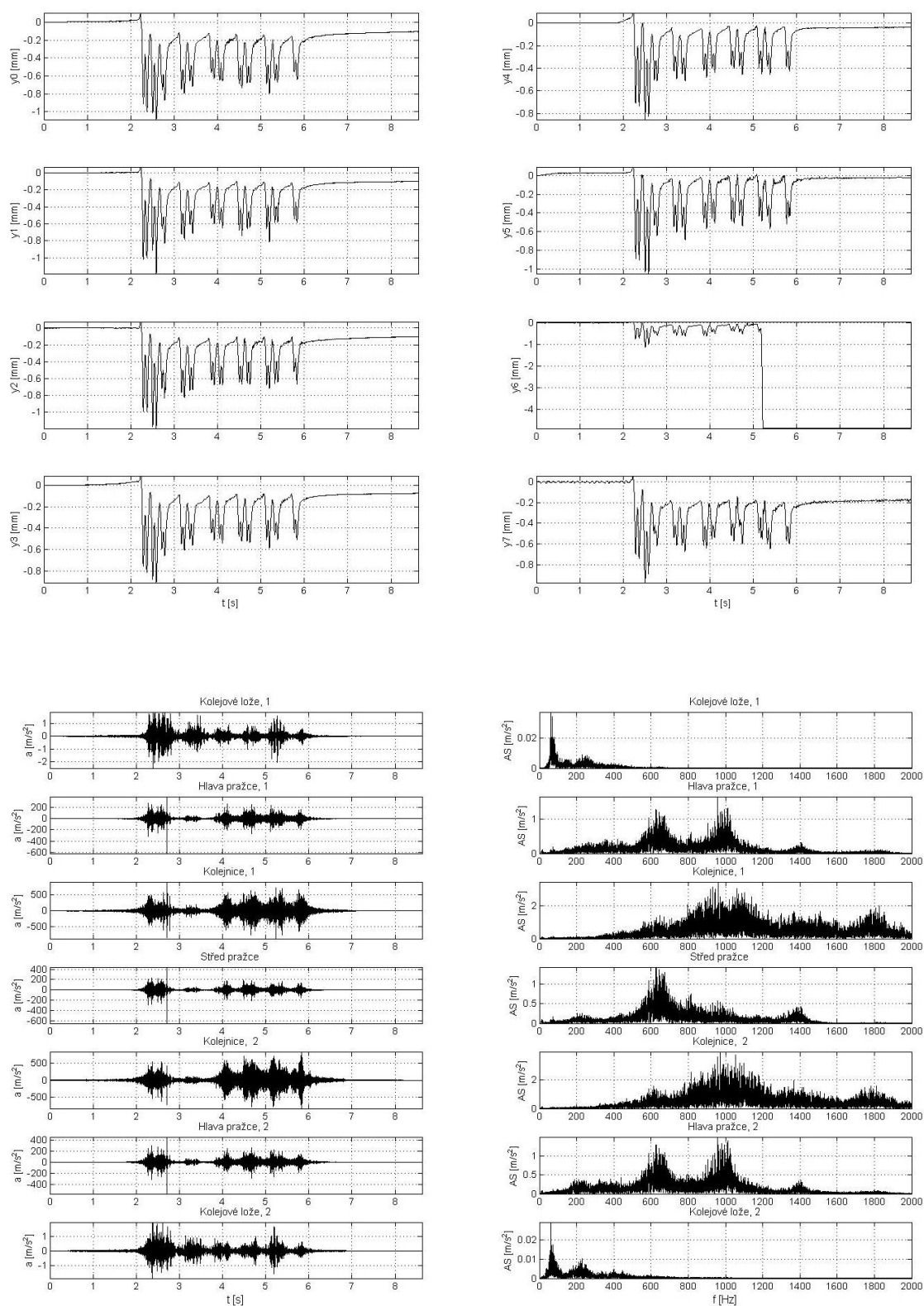
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 100km/h s USP



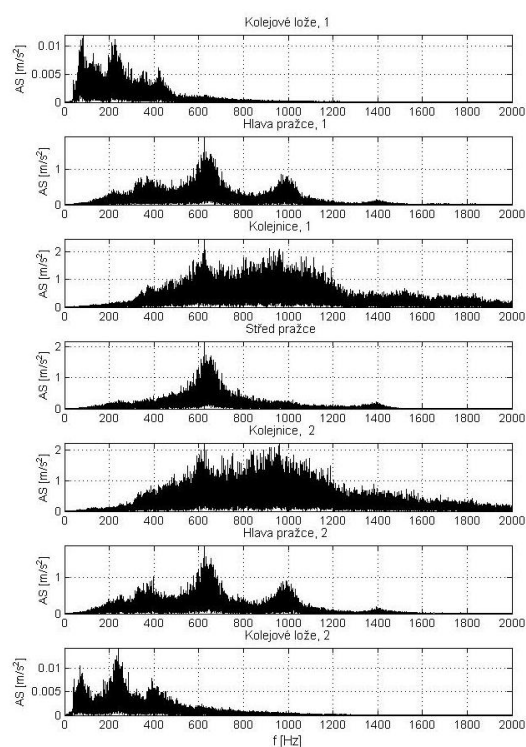
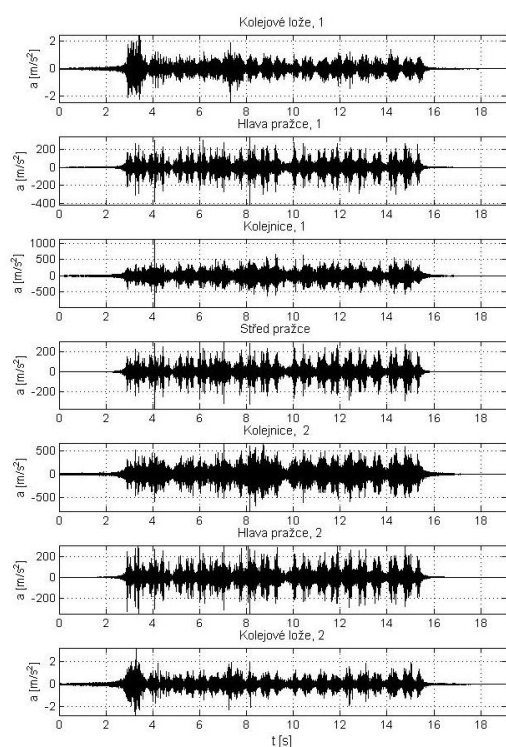
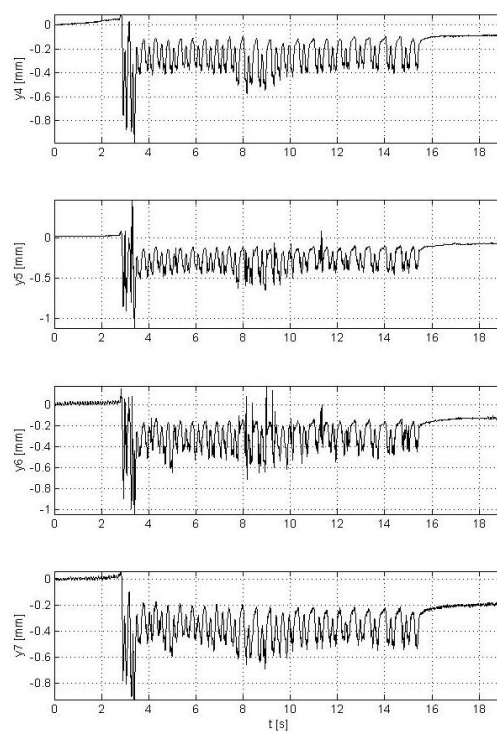
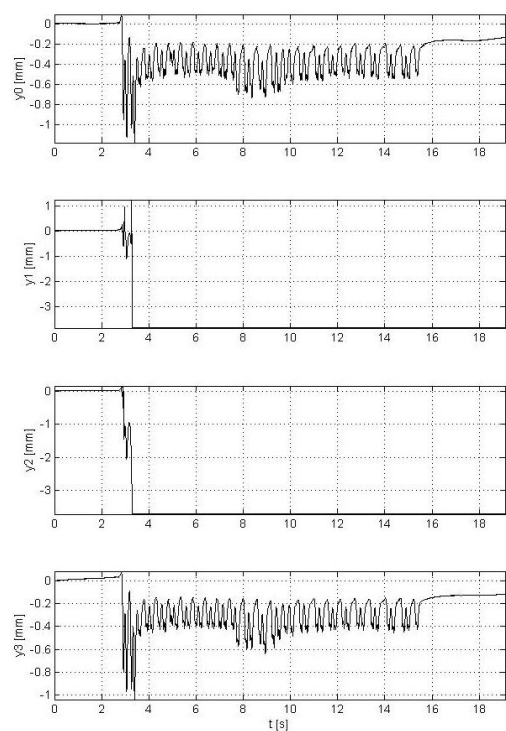
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 90km/h s USP



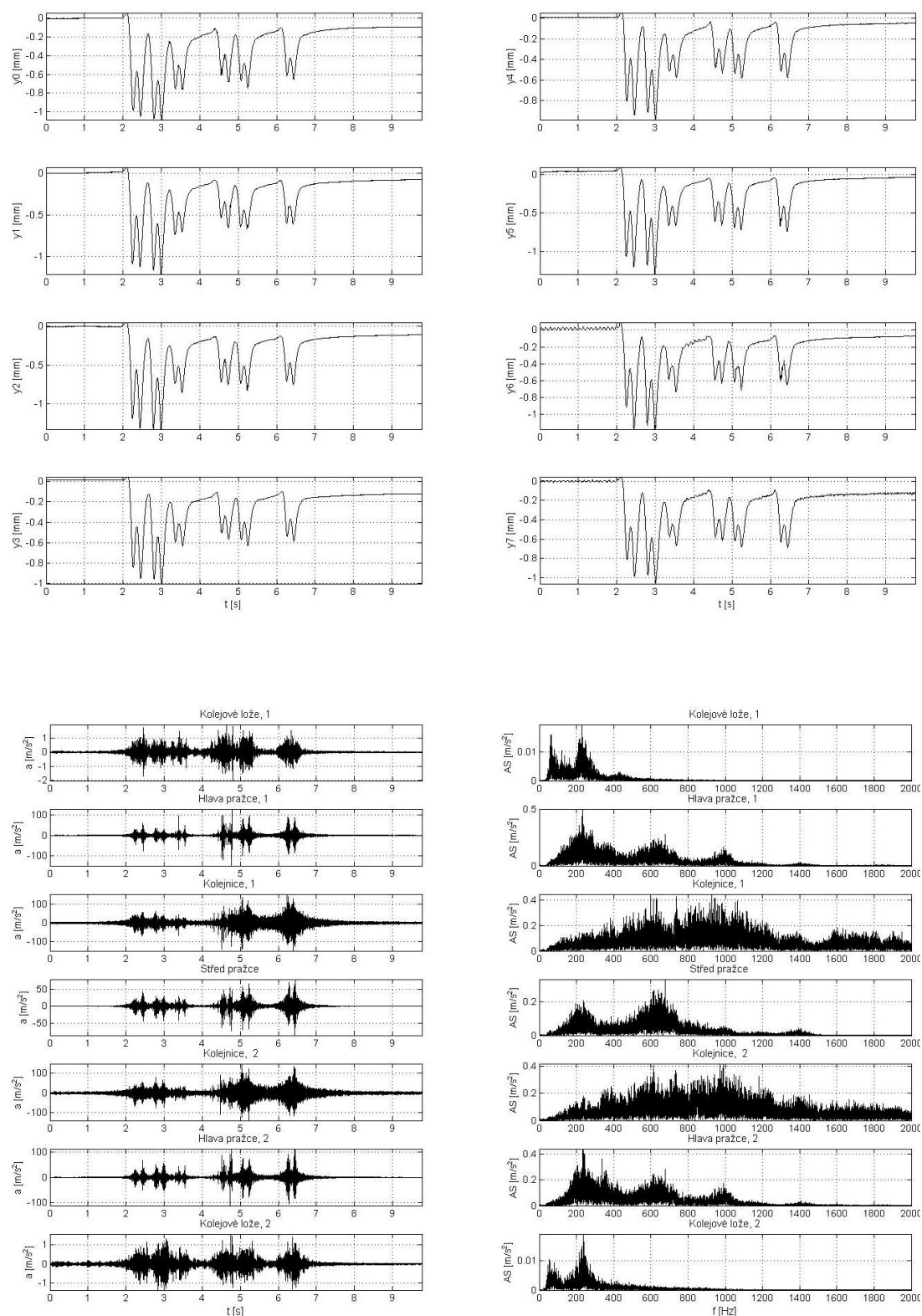
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 139km/h s USP



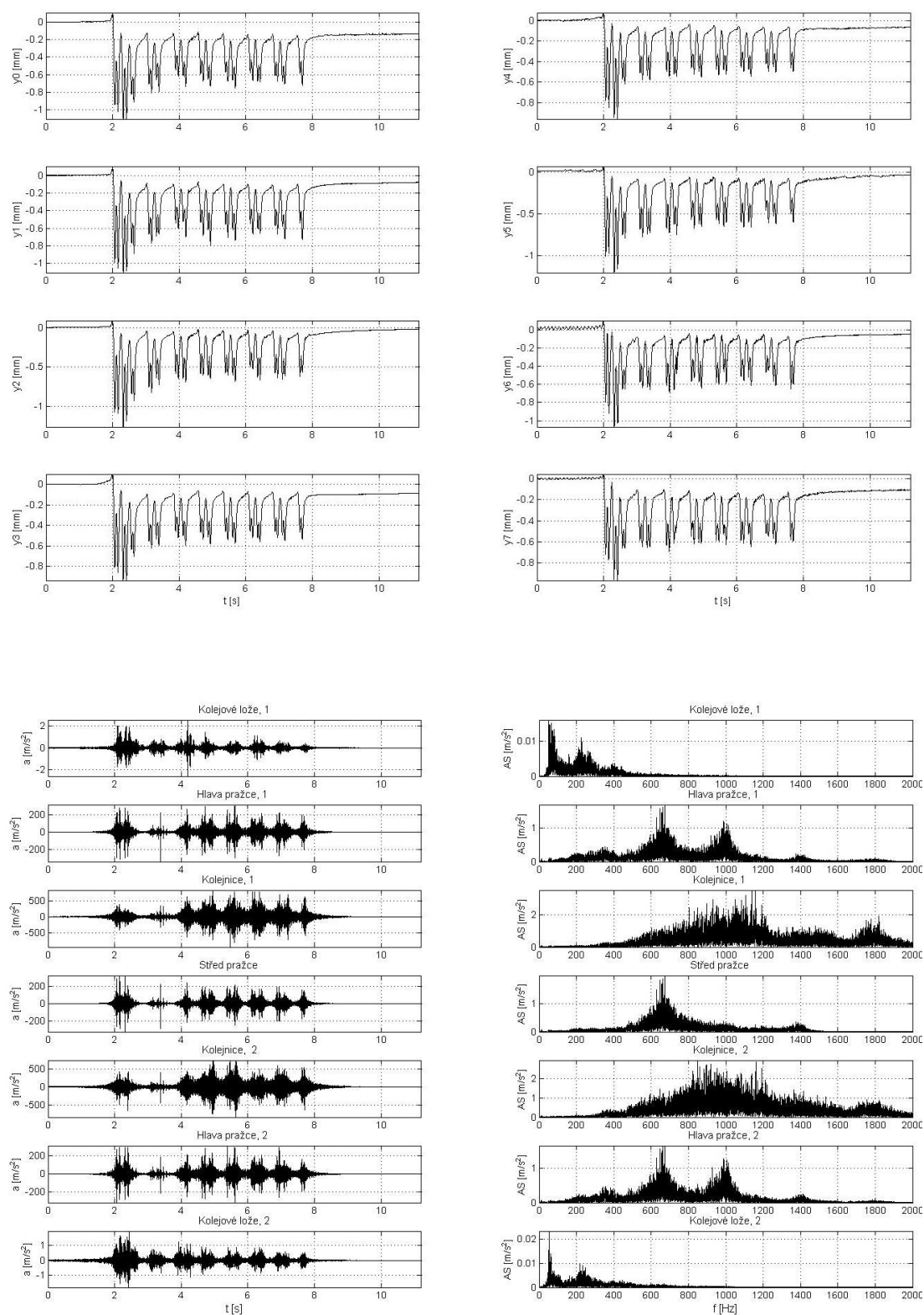
Graf posunů a zrychlení pro vlak Na, 88km/h s USP



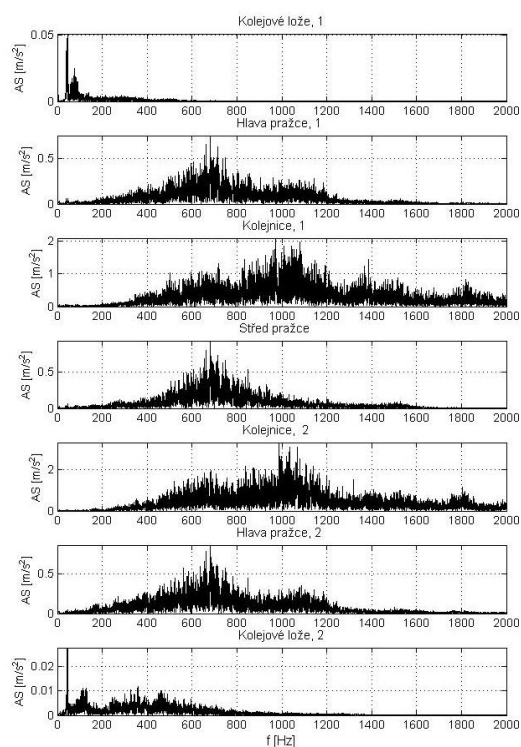
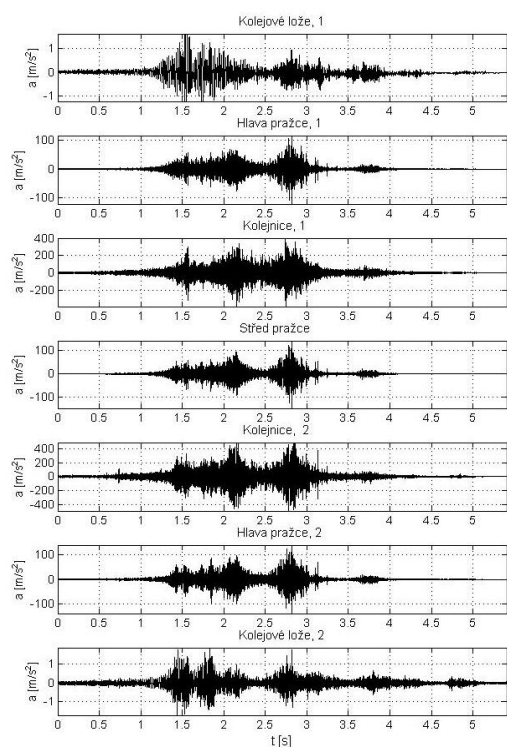
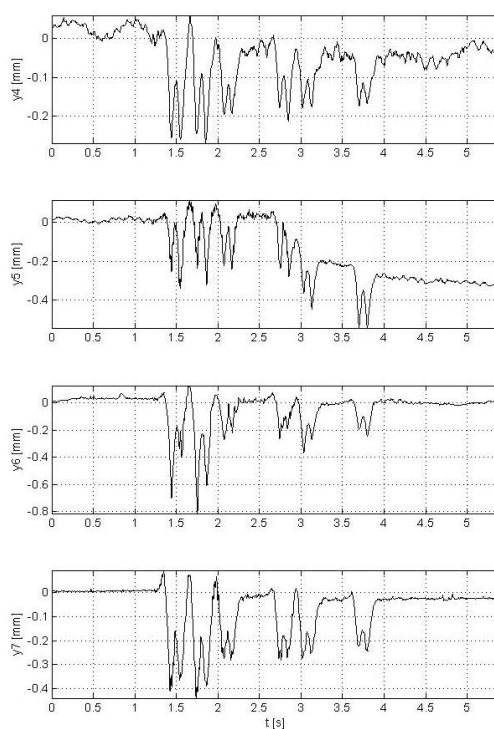
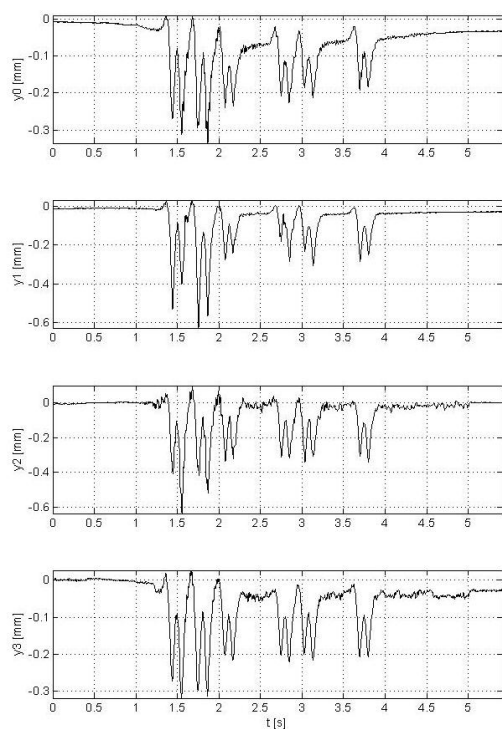
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 52km/h s USP



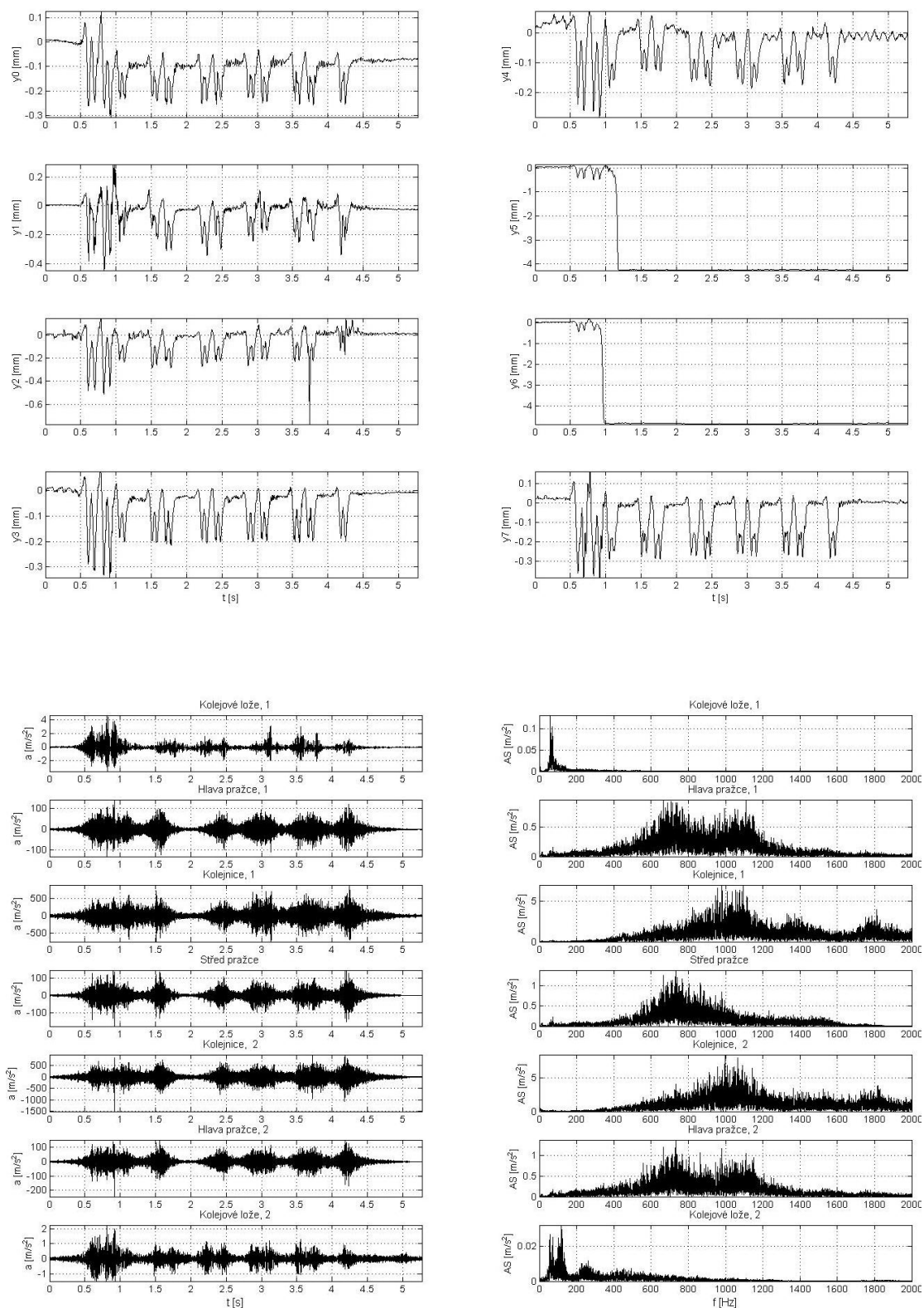
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 118km/h s USP



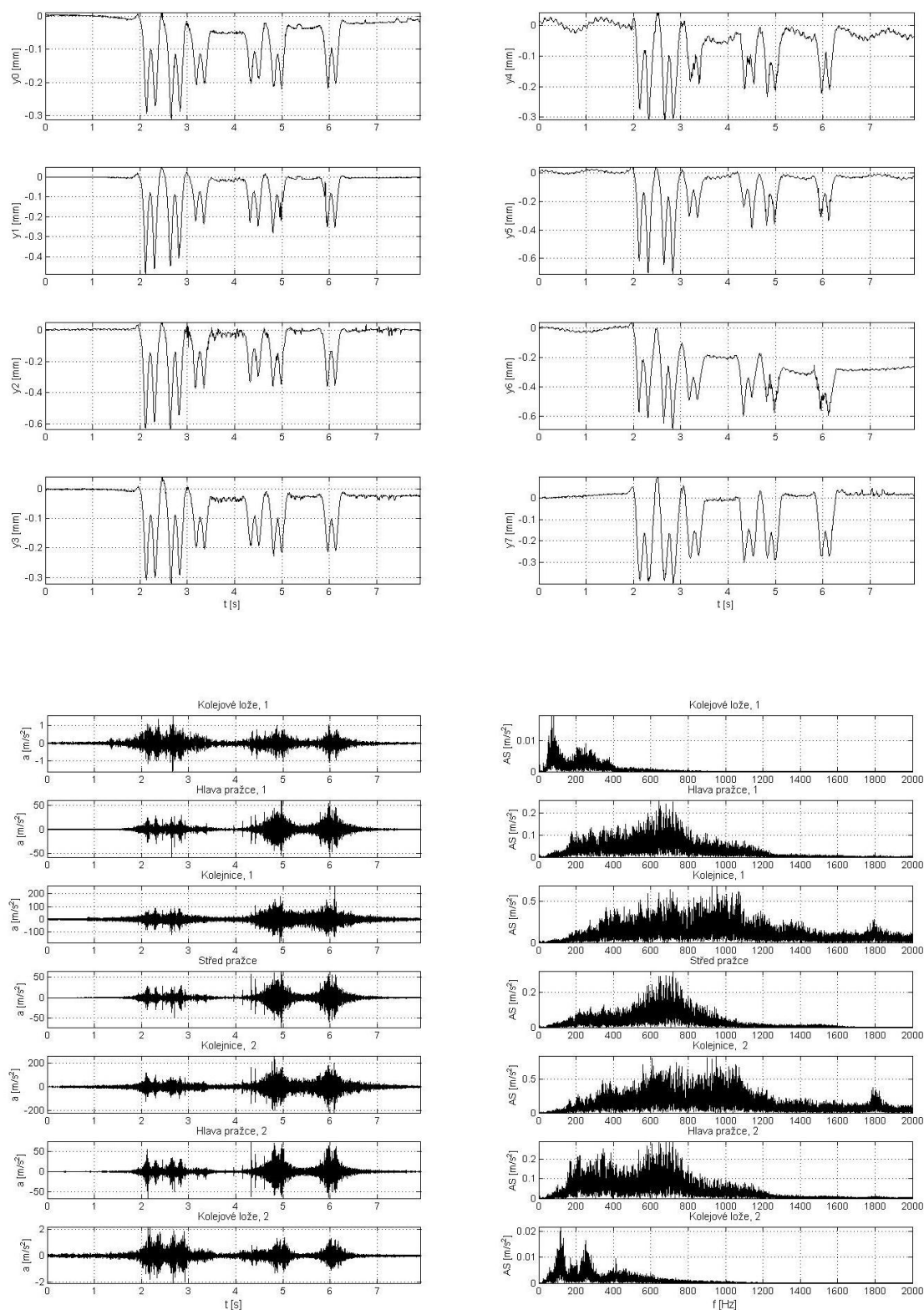
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 87km/h bez USP



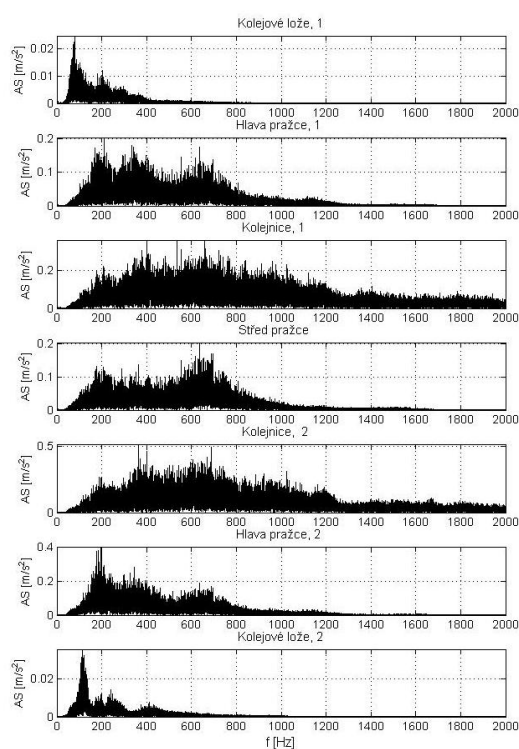
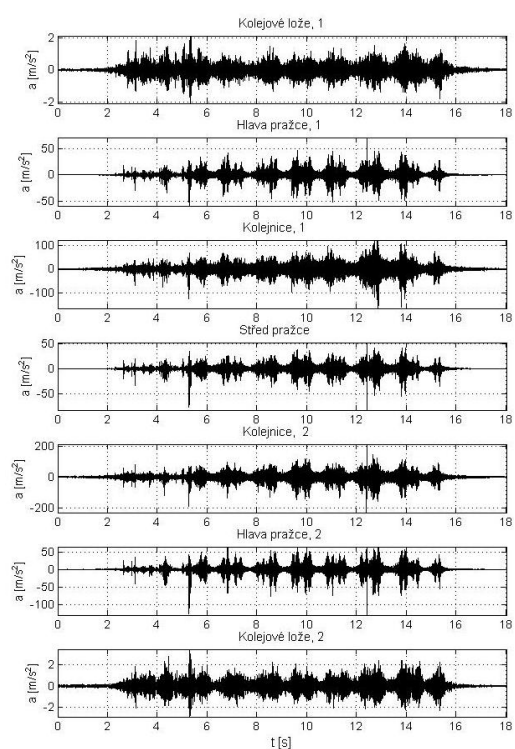
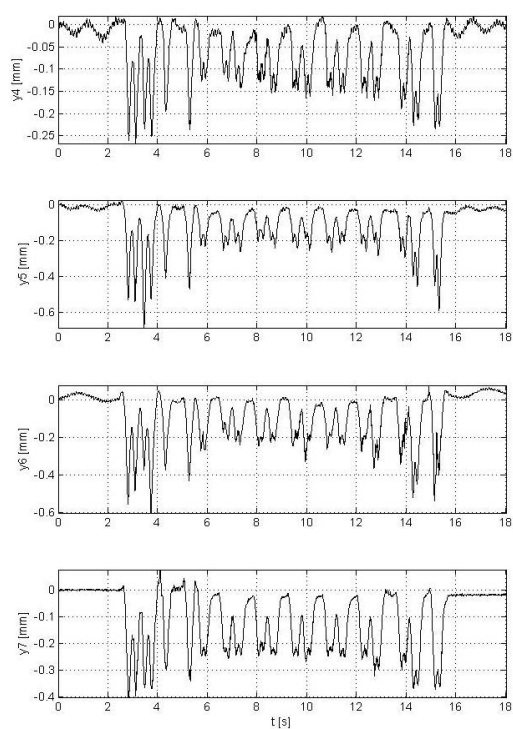
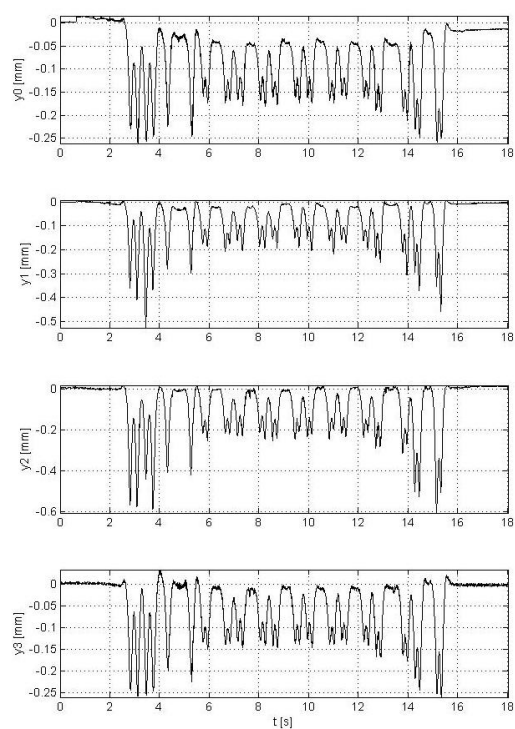
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 128km/h bez USP



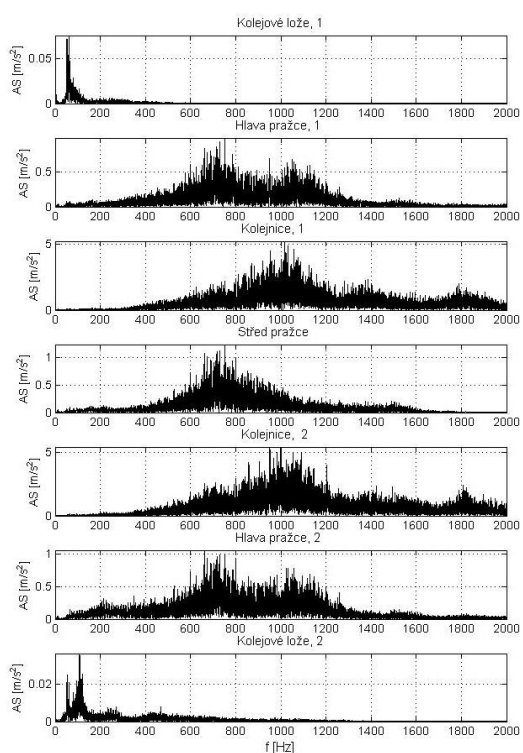
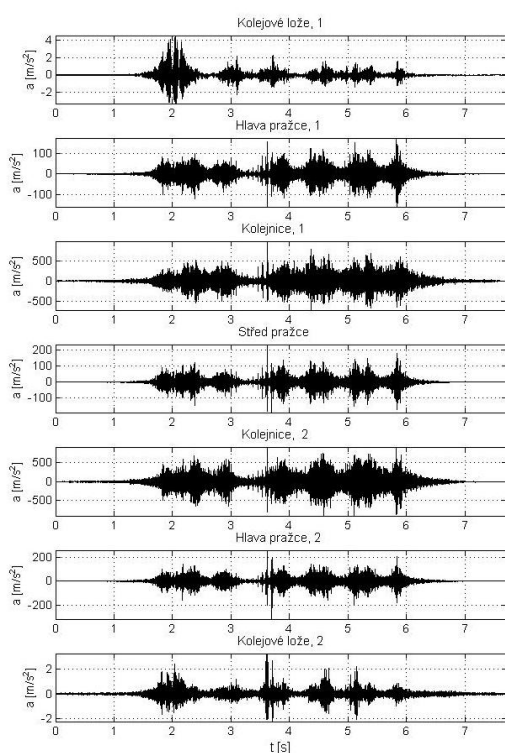
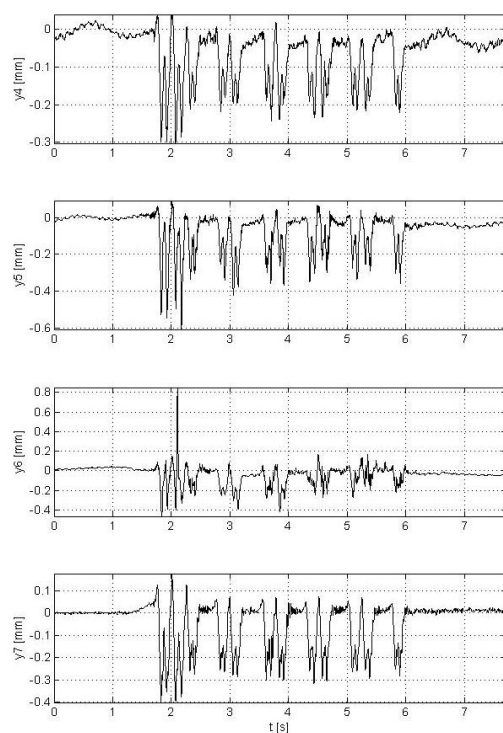
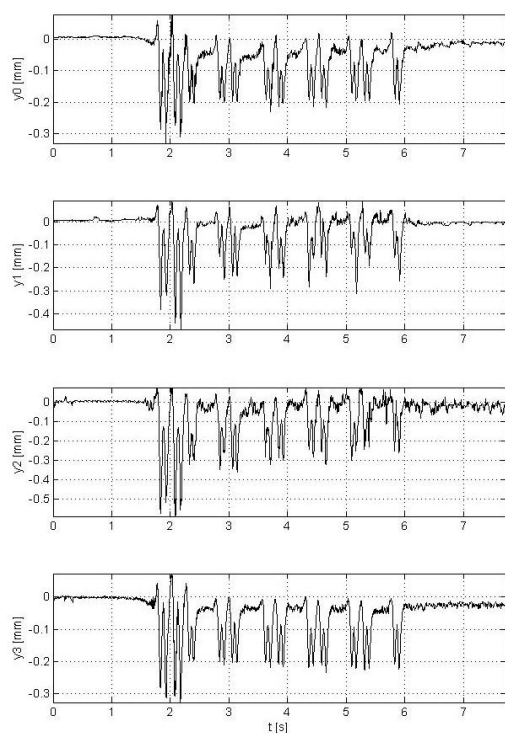
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 54km/h bez USP



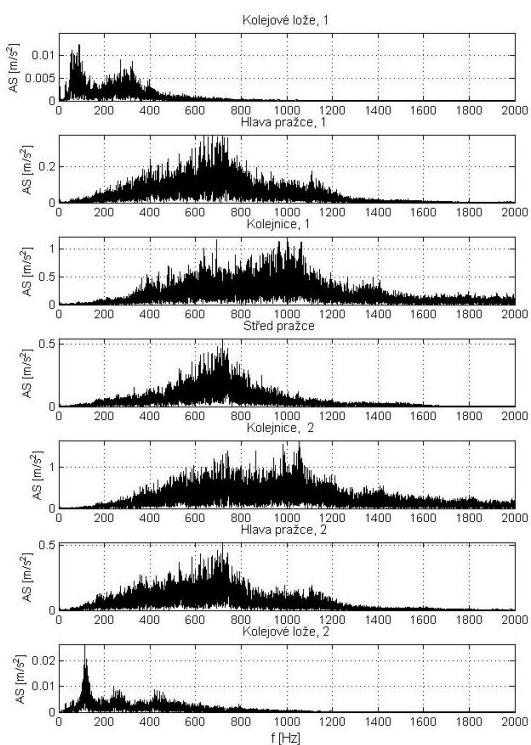
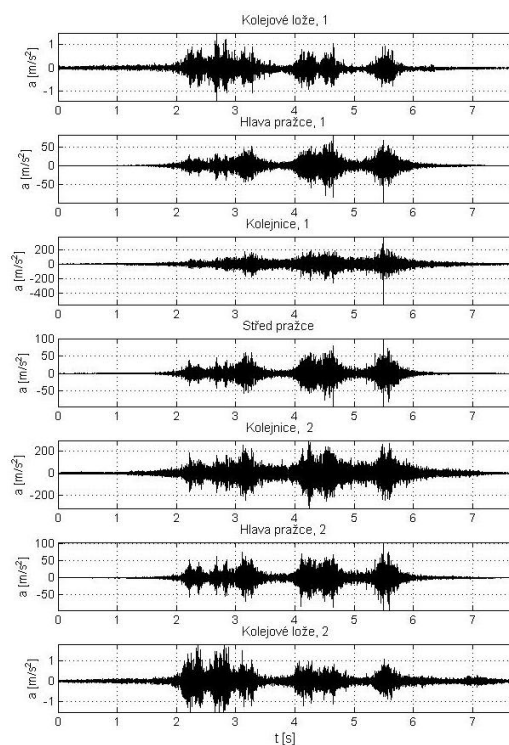
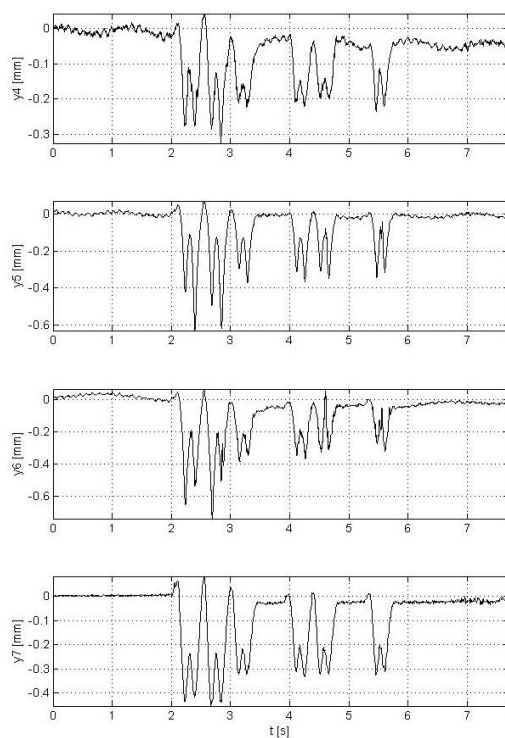
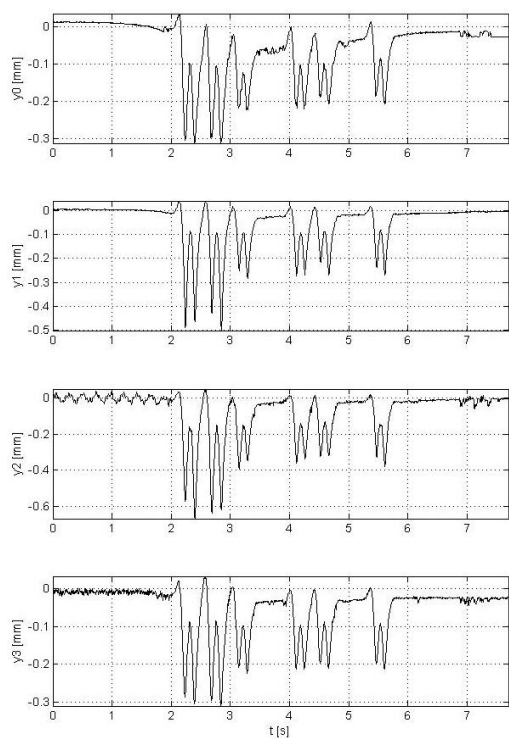
Graf posunů a zrychlení pro vlak Na, 37km/h



Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 120km/h bez USP

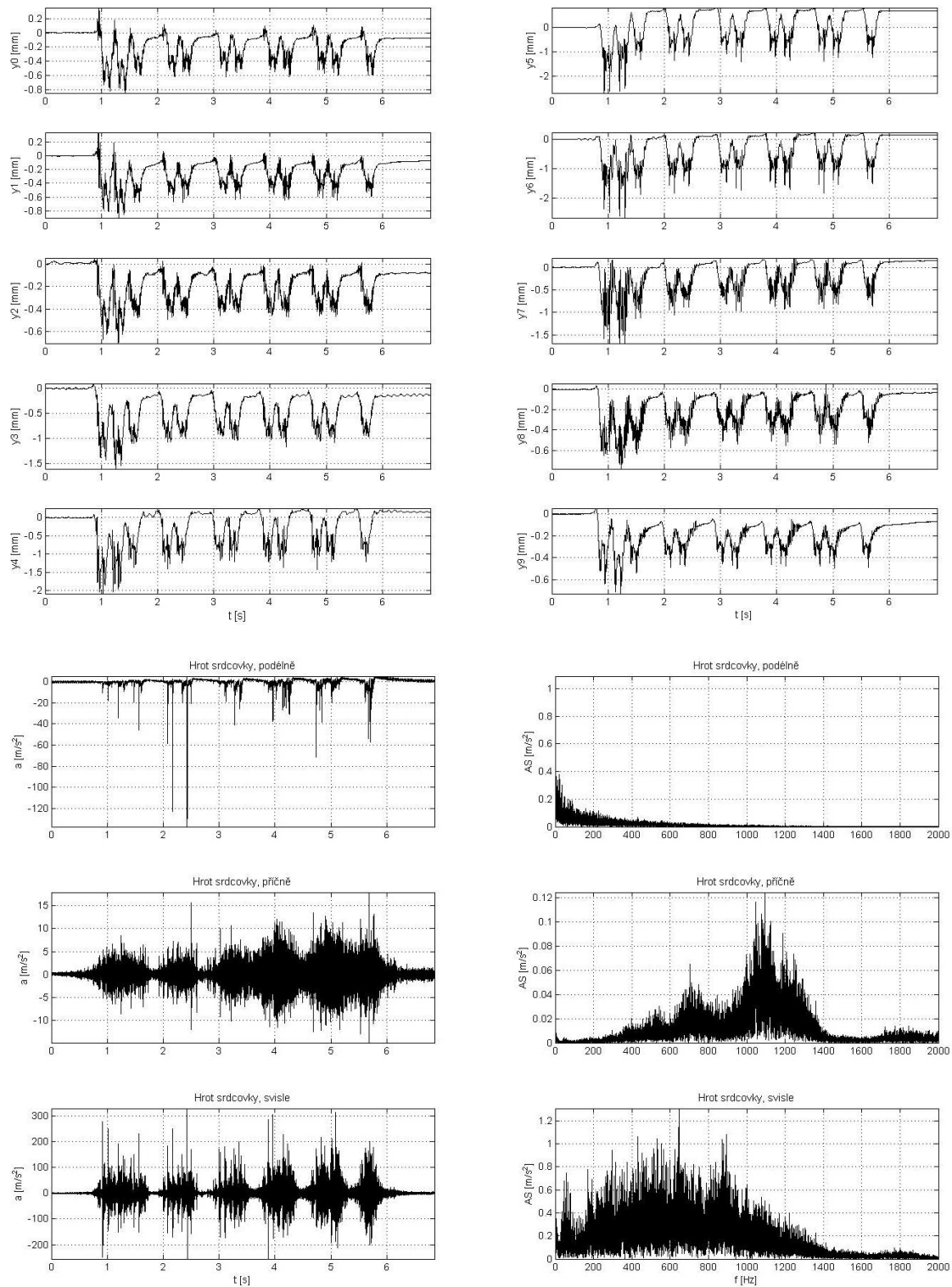


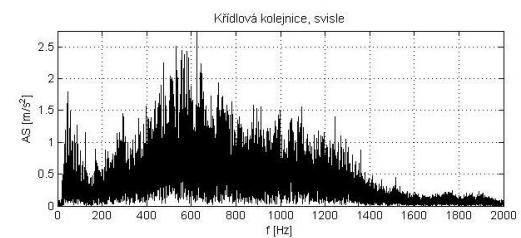
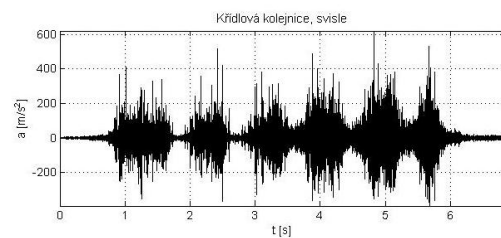
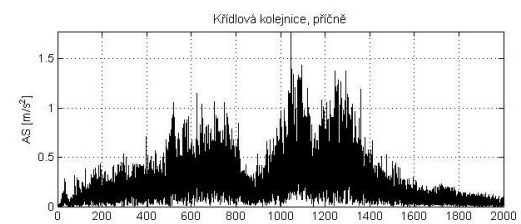
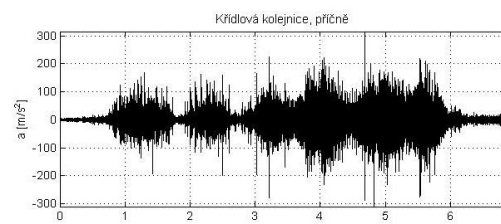
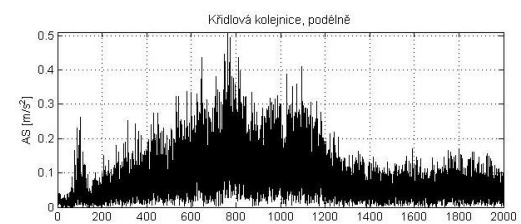
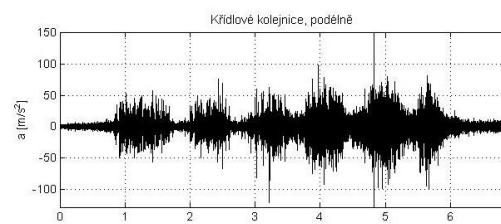
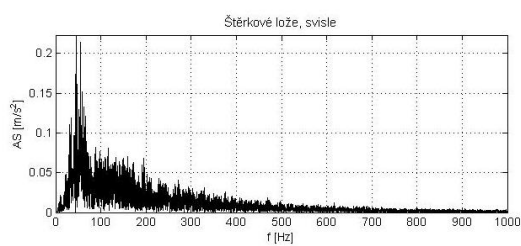
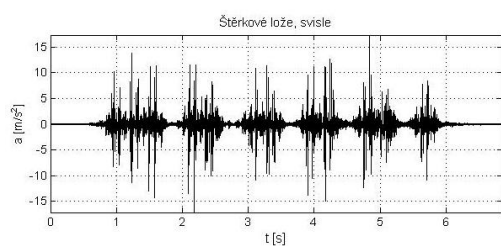
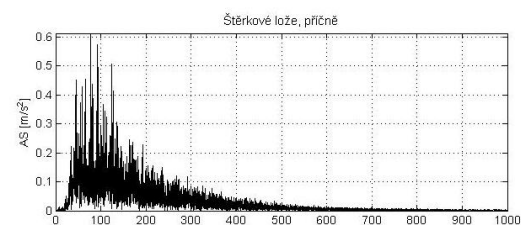
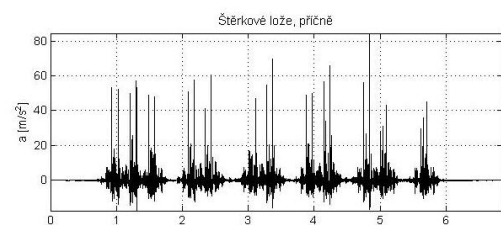
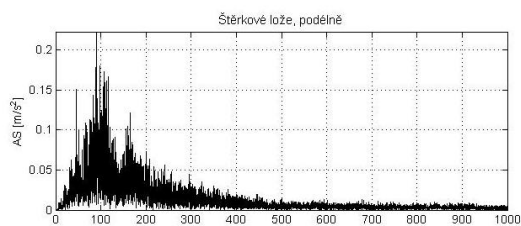
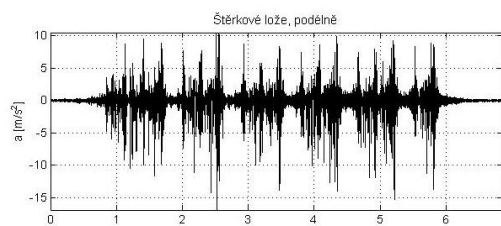
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 59-69km/h, bez USP

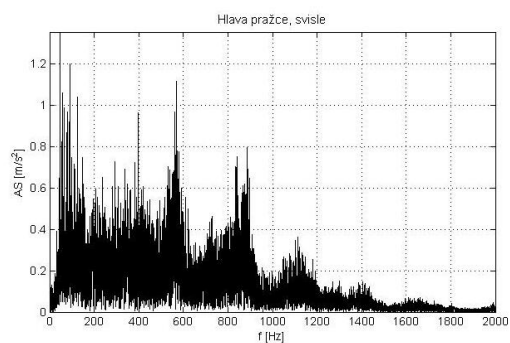
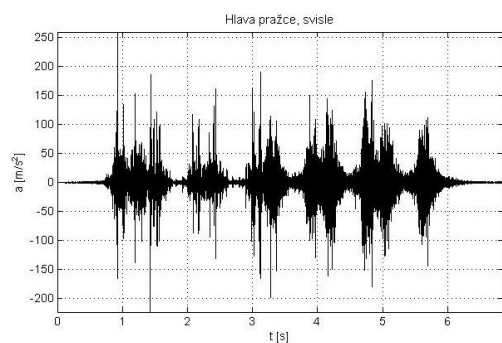
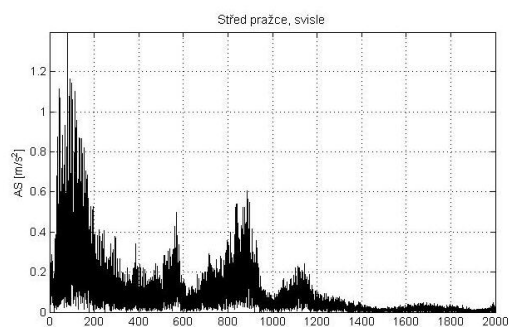
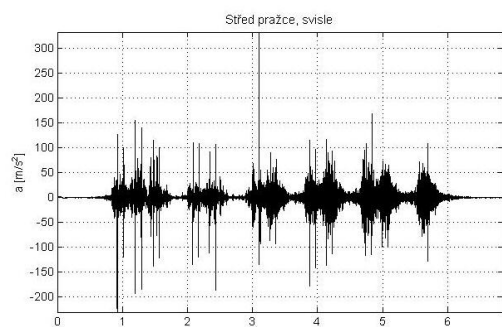


Grafy posunů a vibrací pro Planou nad Lužnicí, výhybka, s a bez USP

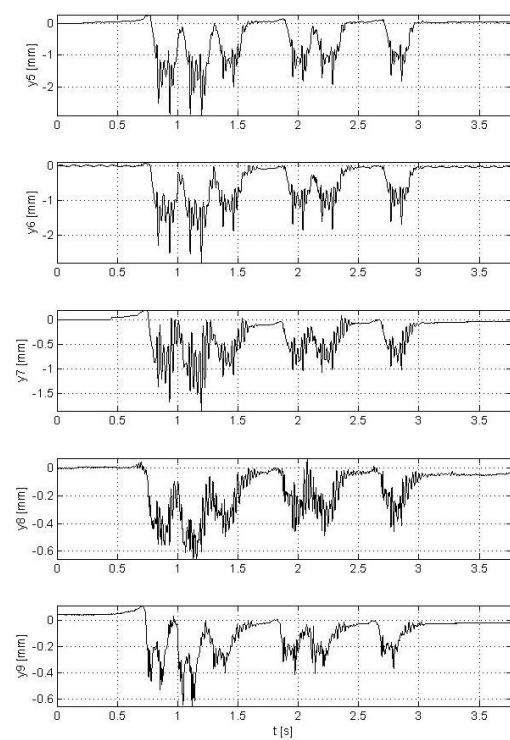
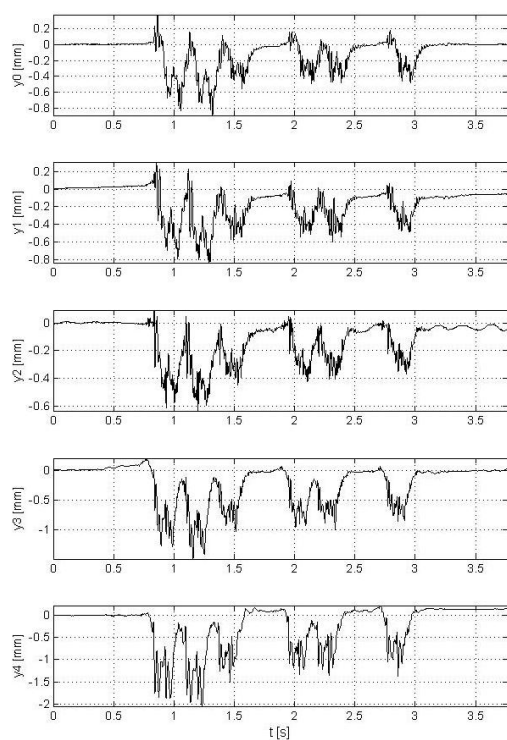
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 101km/h s USP

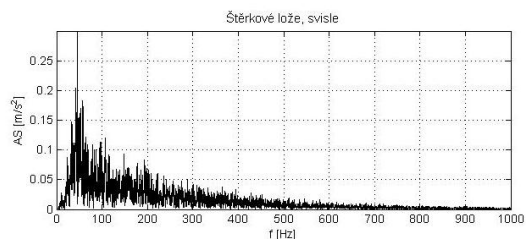
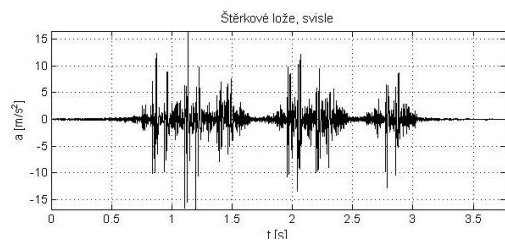
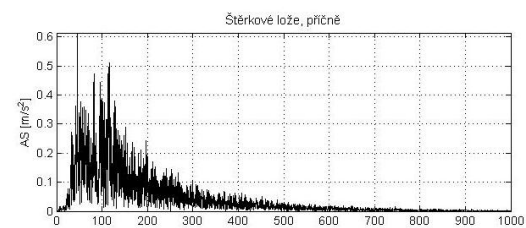
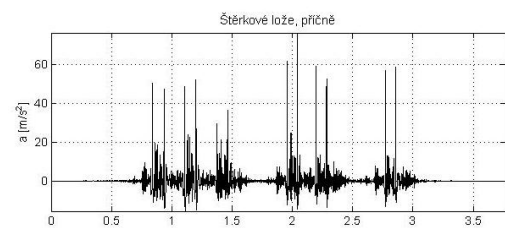
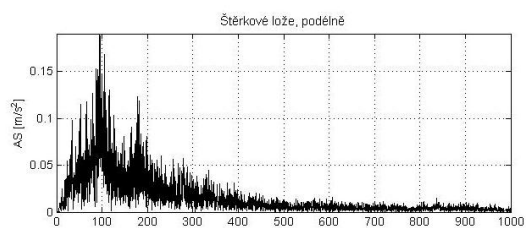
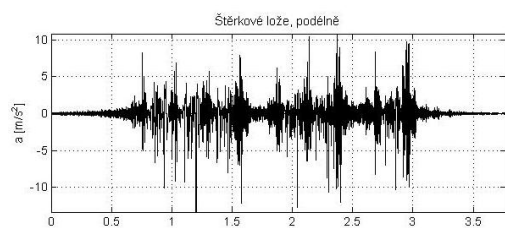
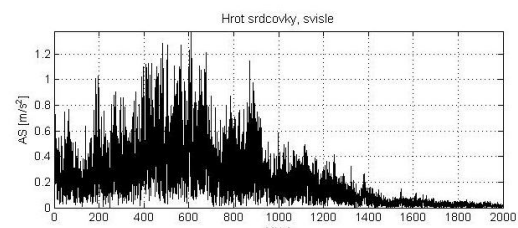
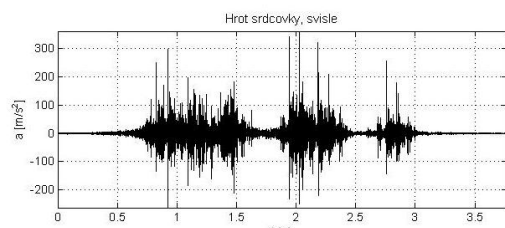
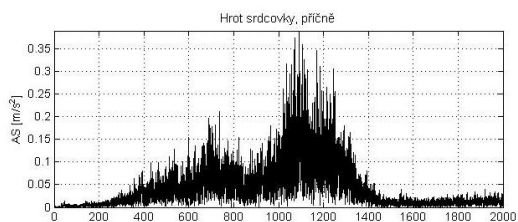
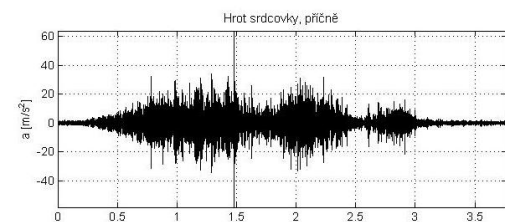
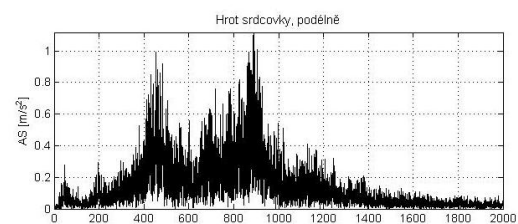
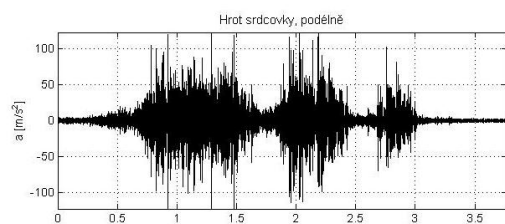


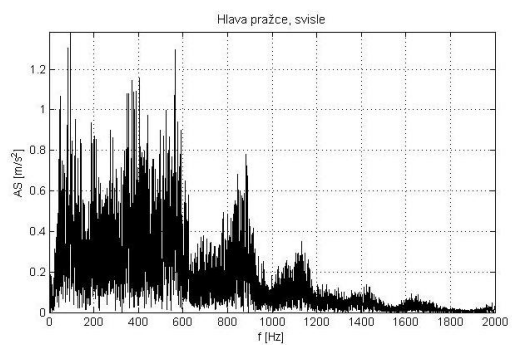
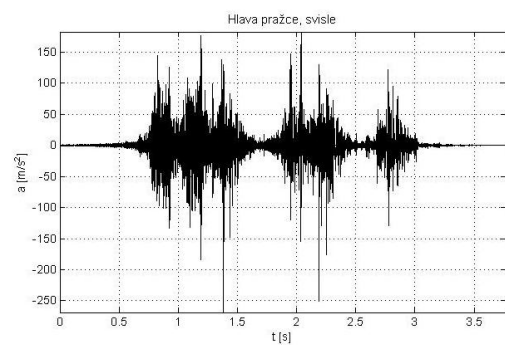
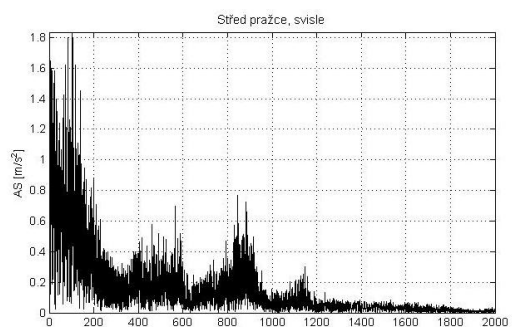
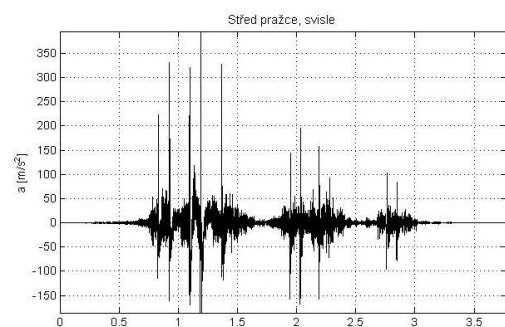
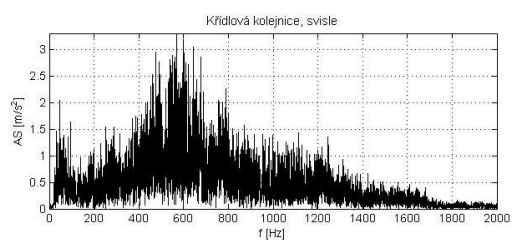
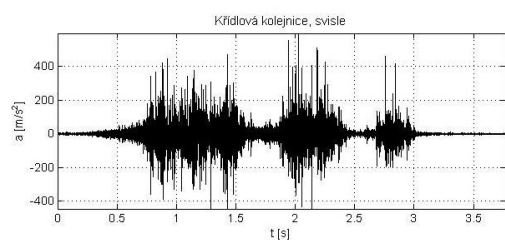
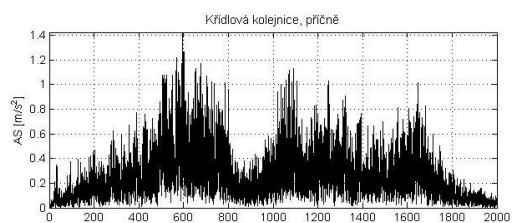
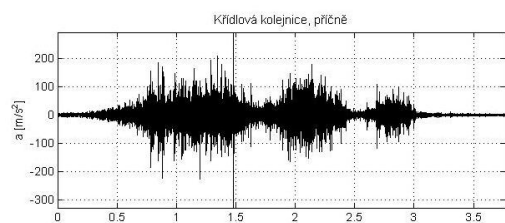
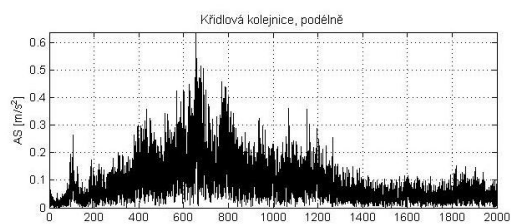
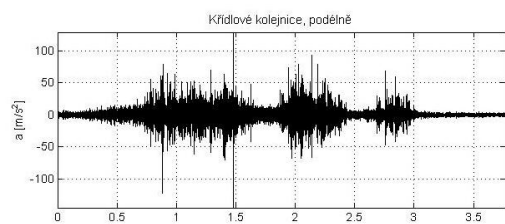




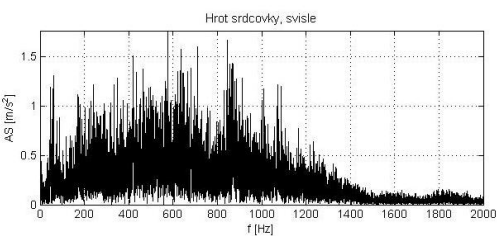
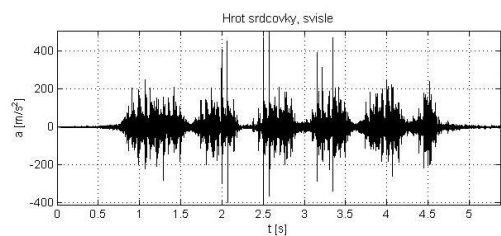
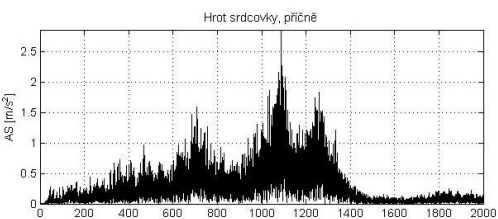
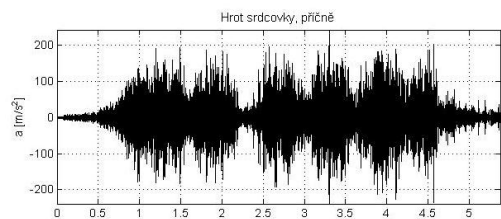
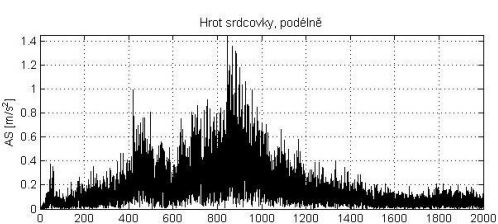
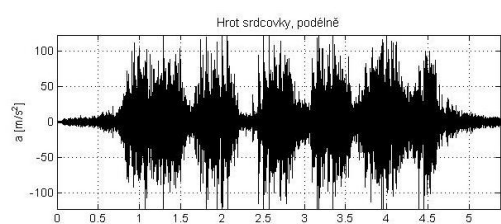
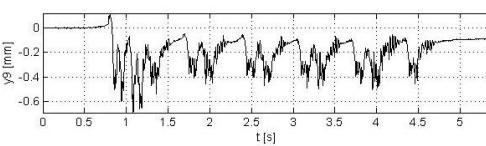
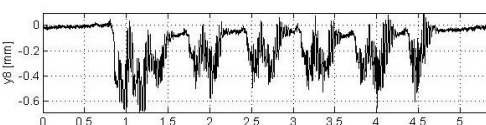
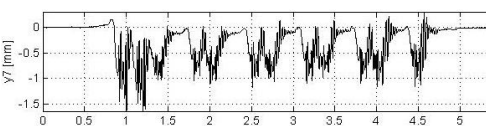
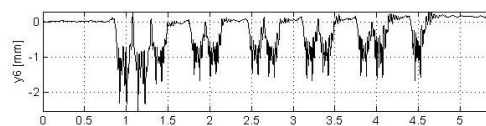
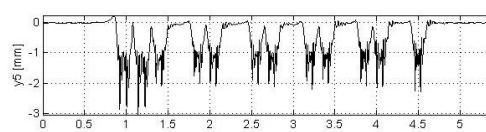
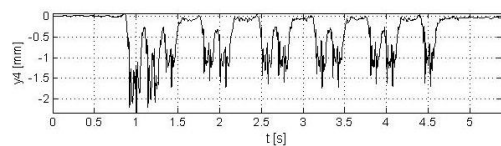
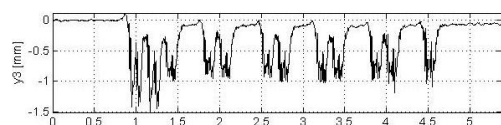
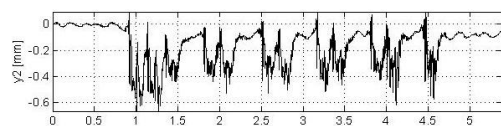
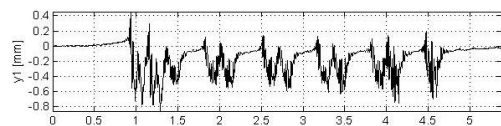
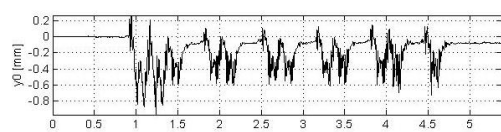
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 100-110km/h s USP

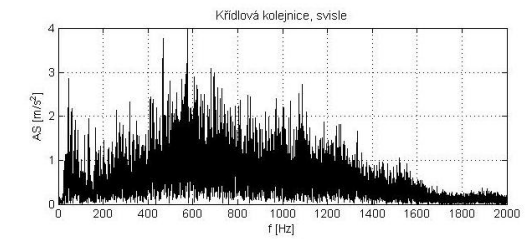
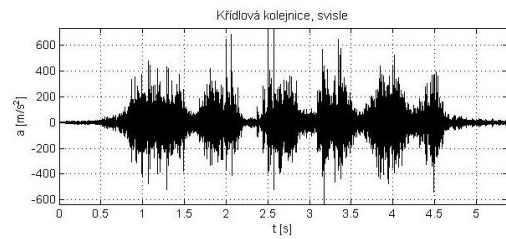
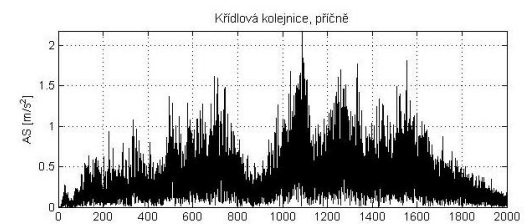
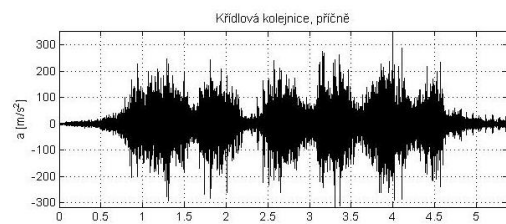
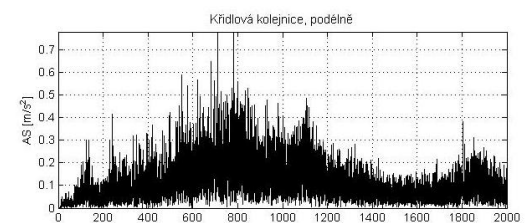
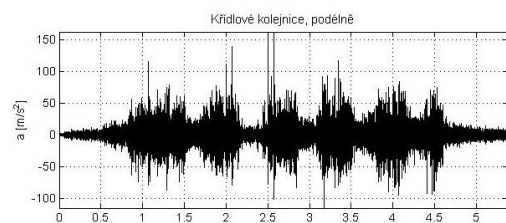
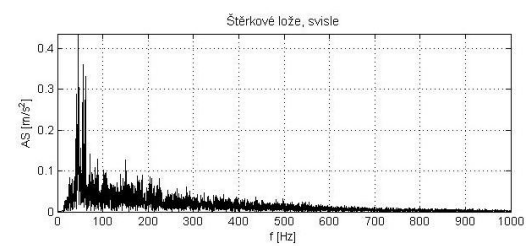
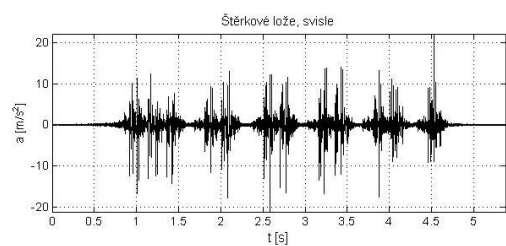
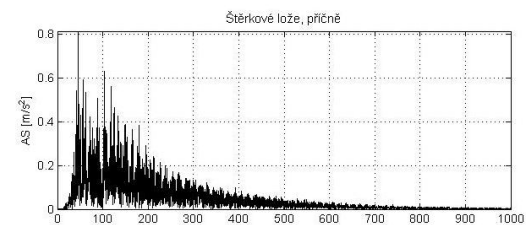
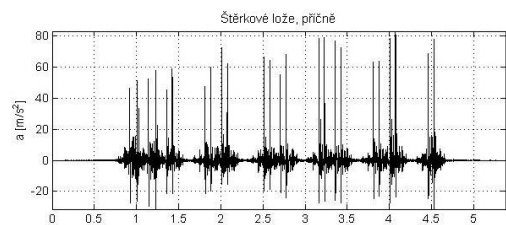
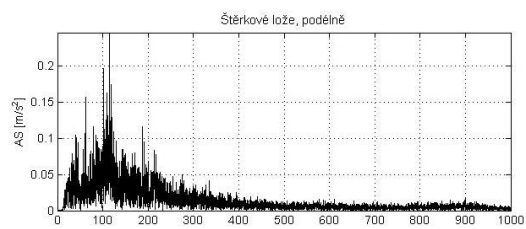
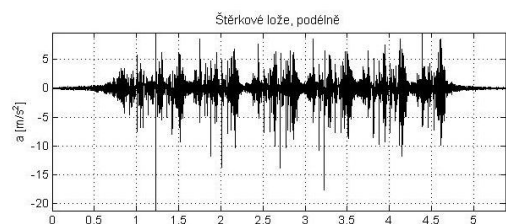


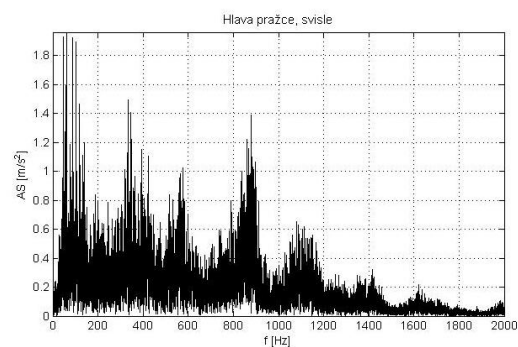
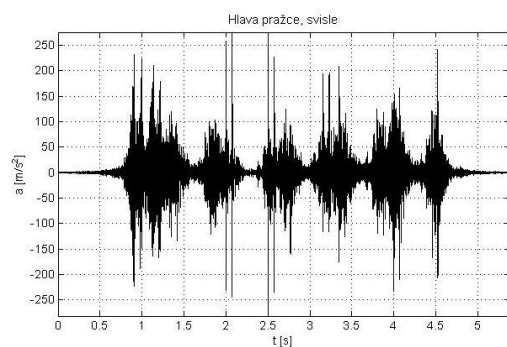
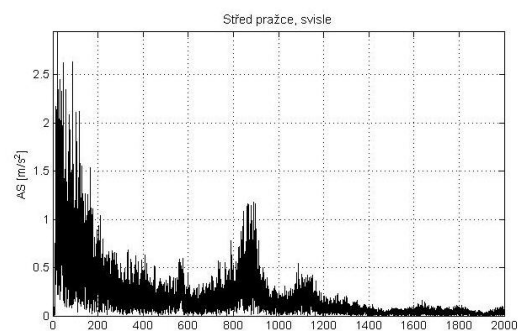
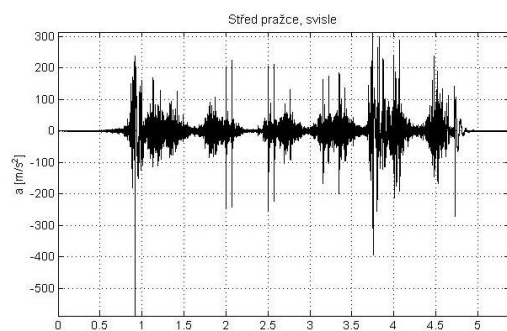




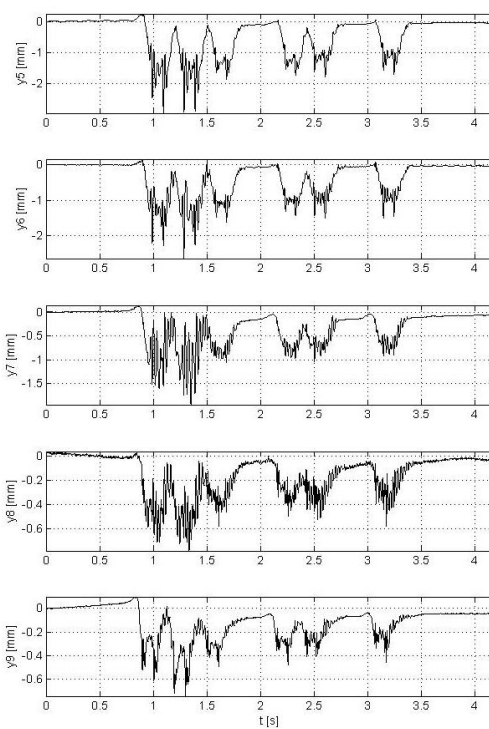
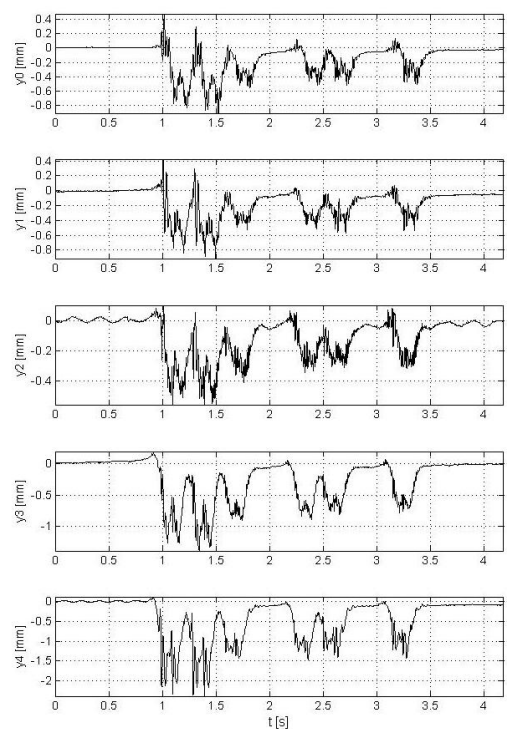
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 135km/h s USP

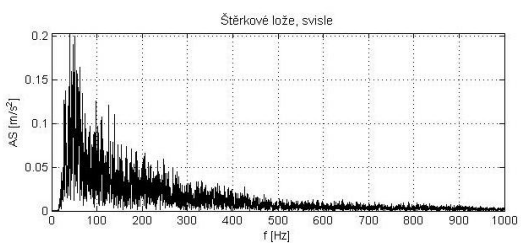
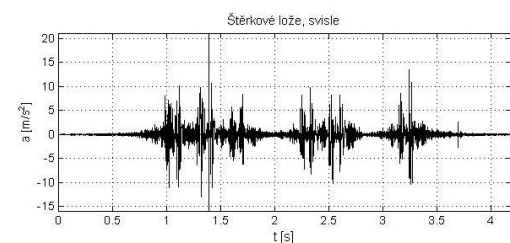
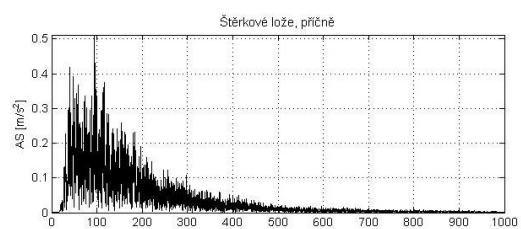
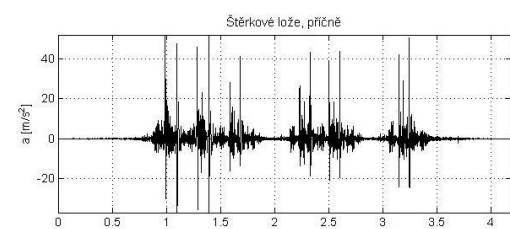
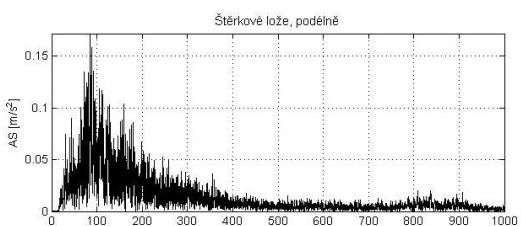
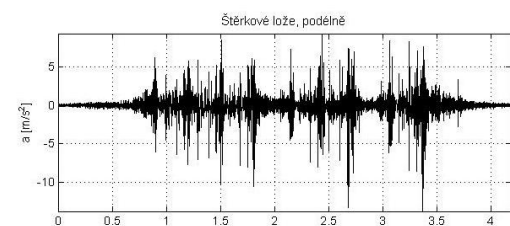
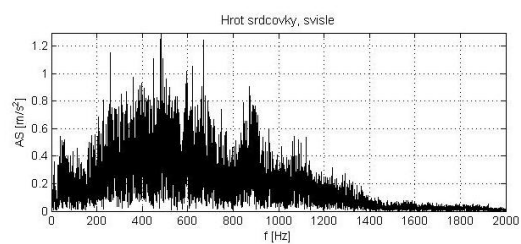
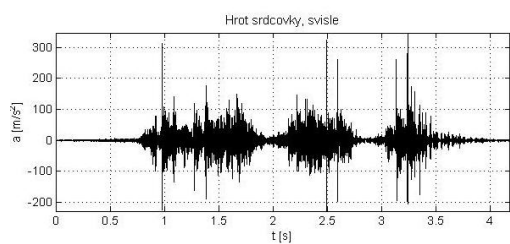
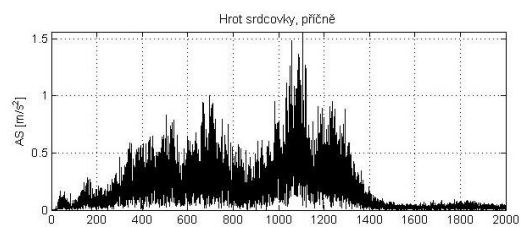
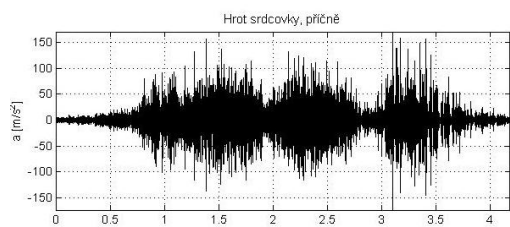
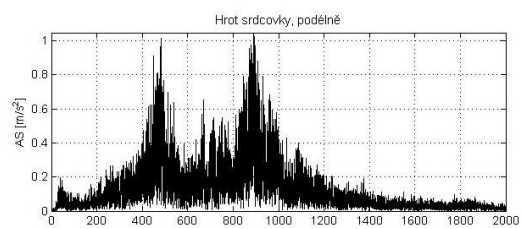
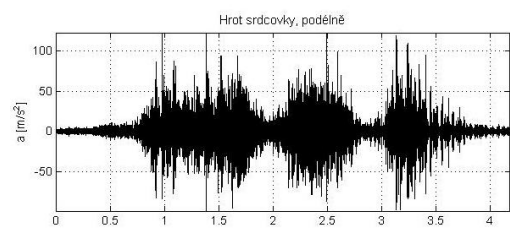


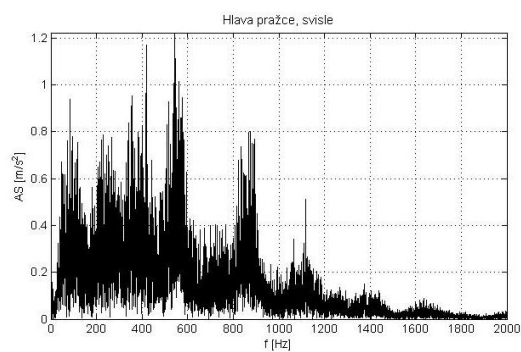
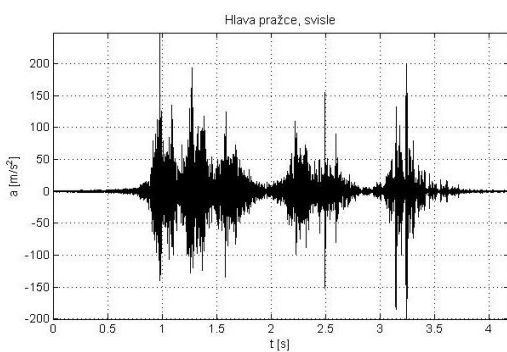
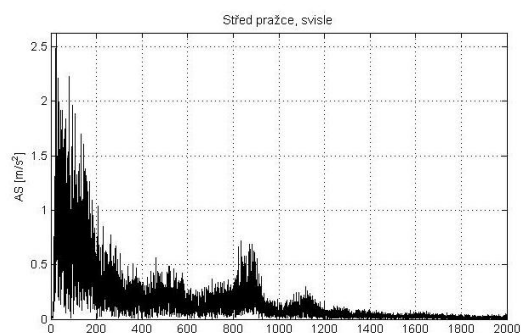
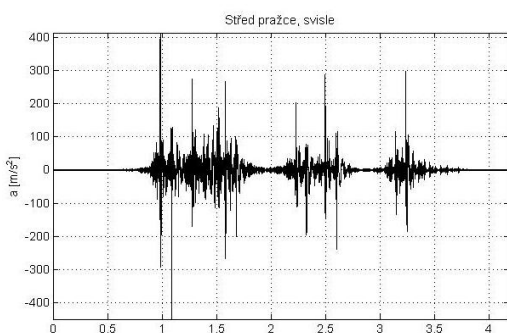
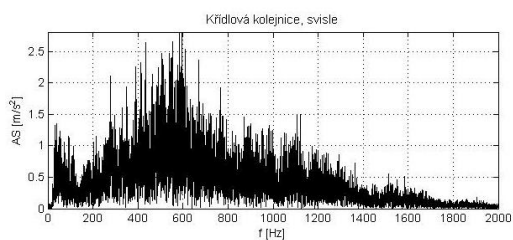
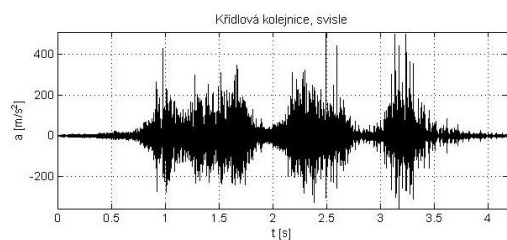
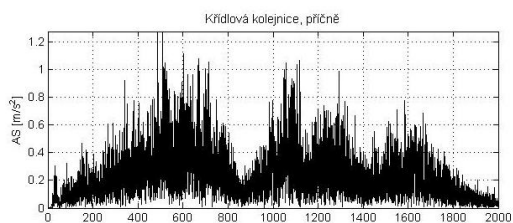
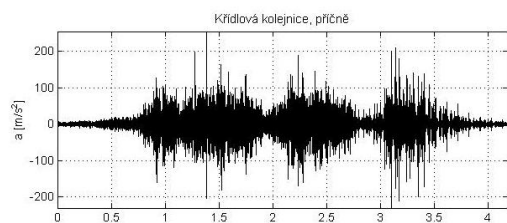
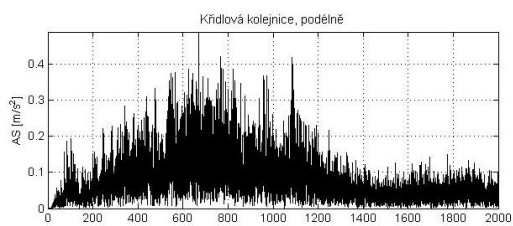
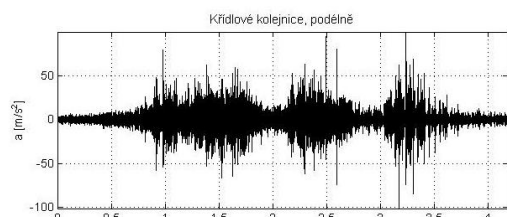




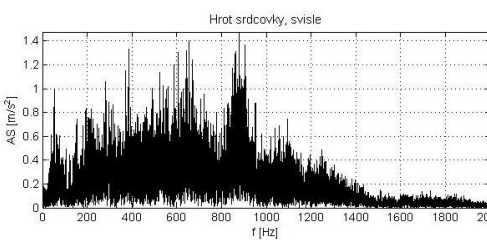
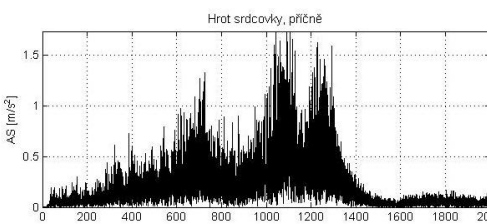
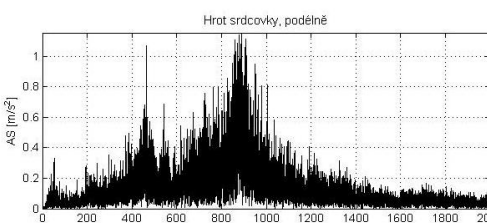
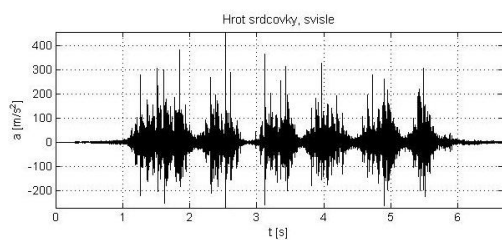
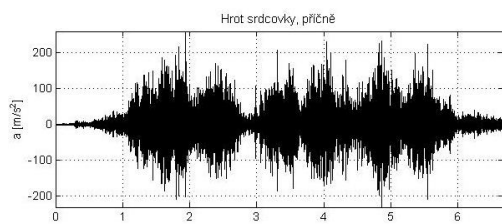
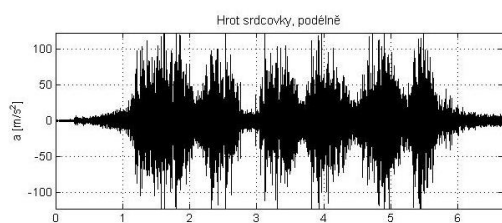
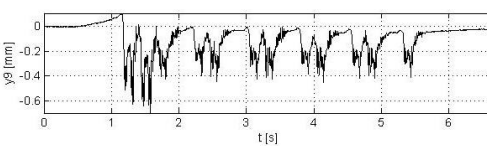
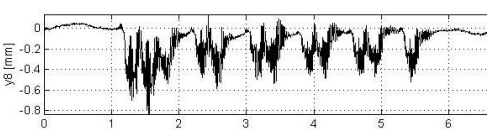
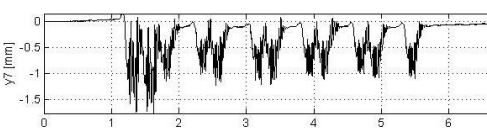
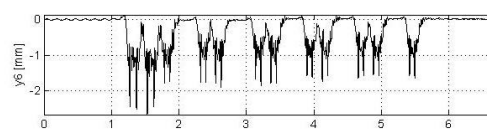
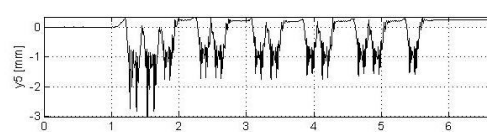
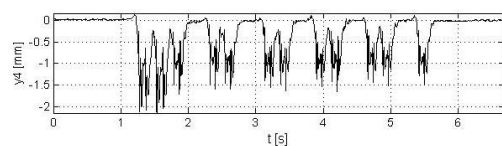
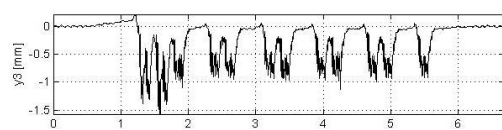
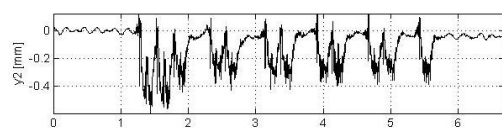
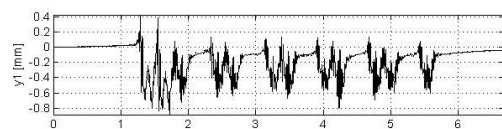
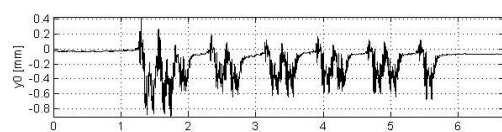
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 93-98km/h

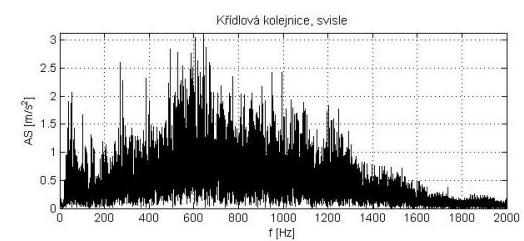
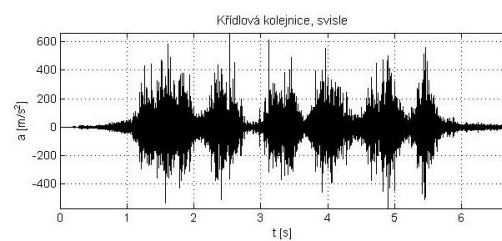
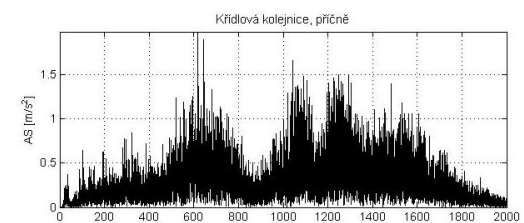
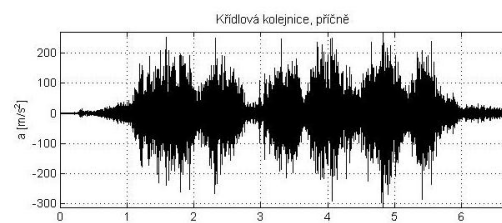
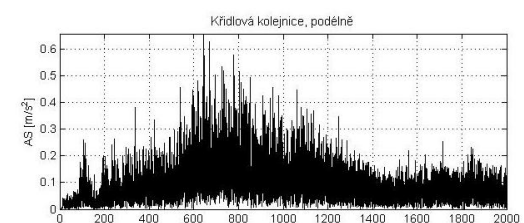
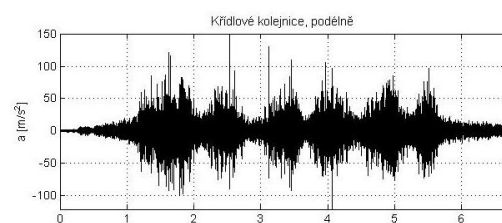
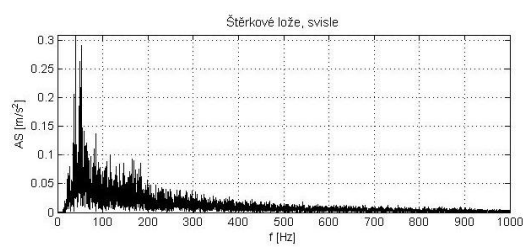
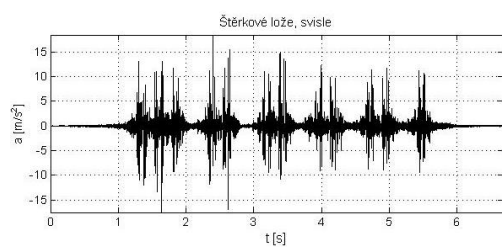
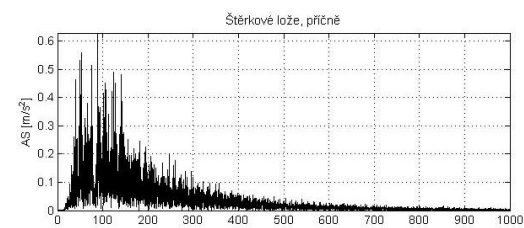
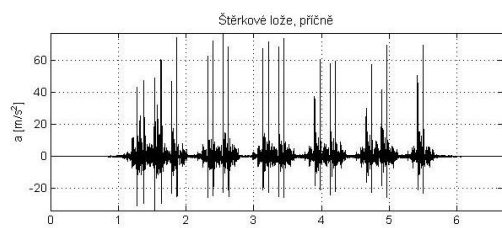
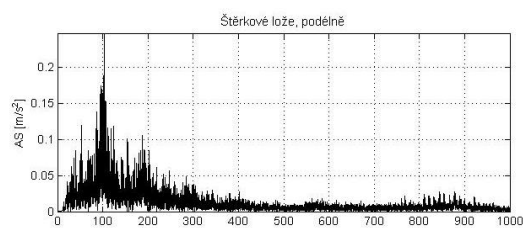
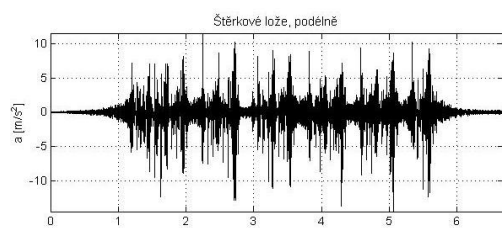


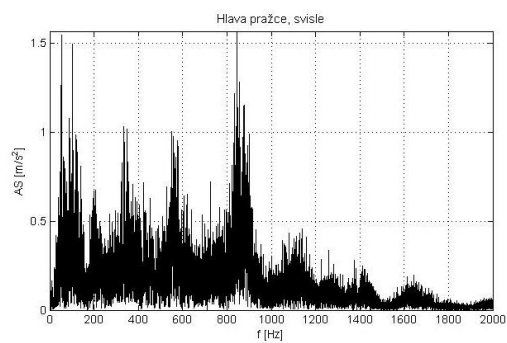
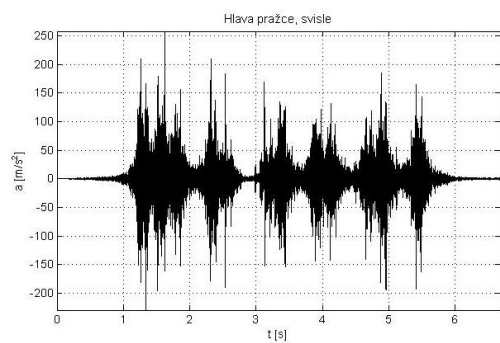
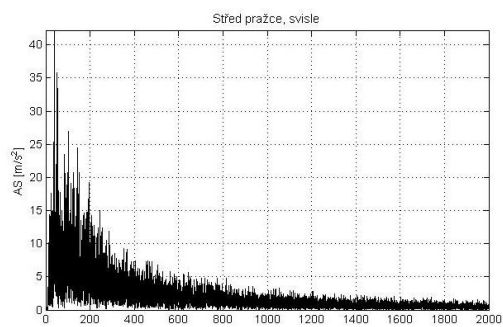
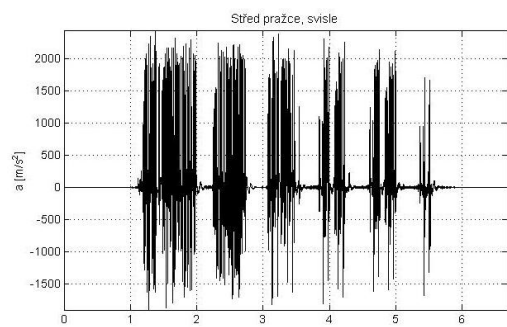




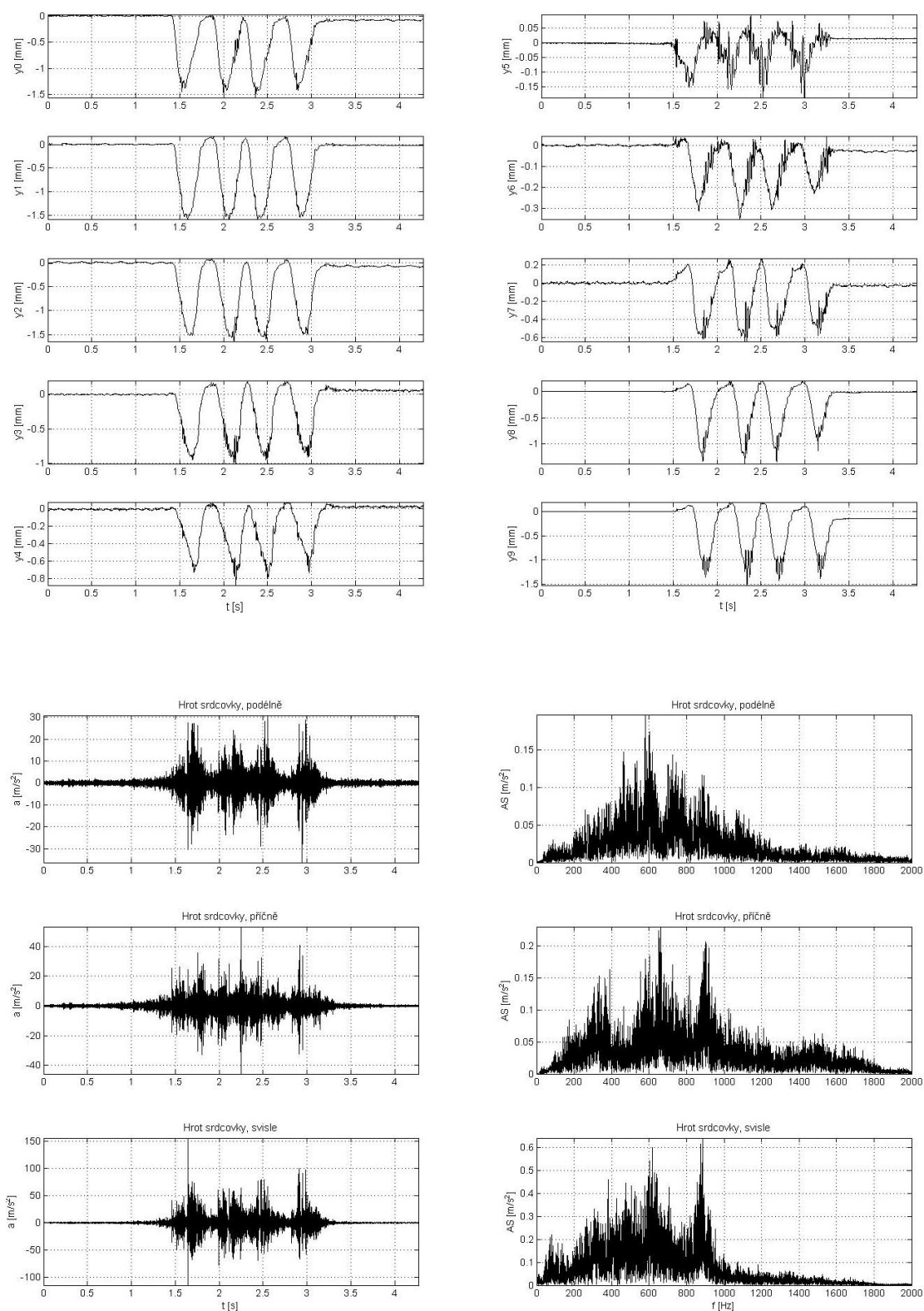
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 115km/h s USP

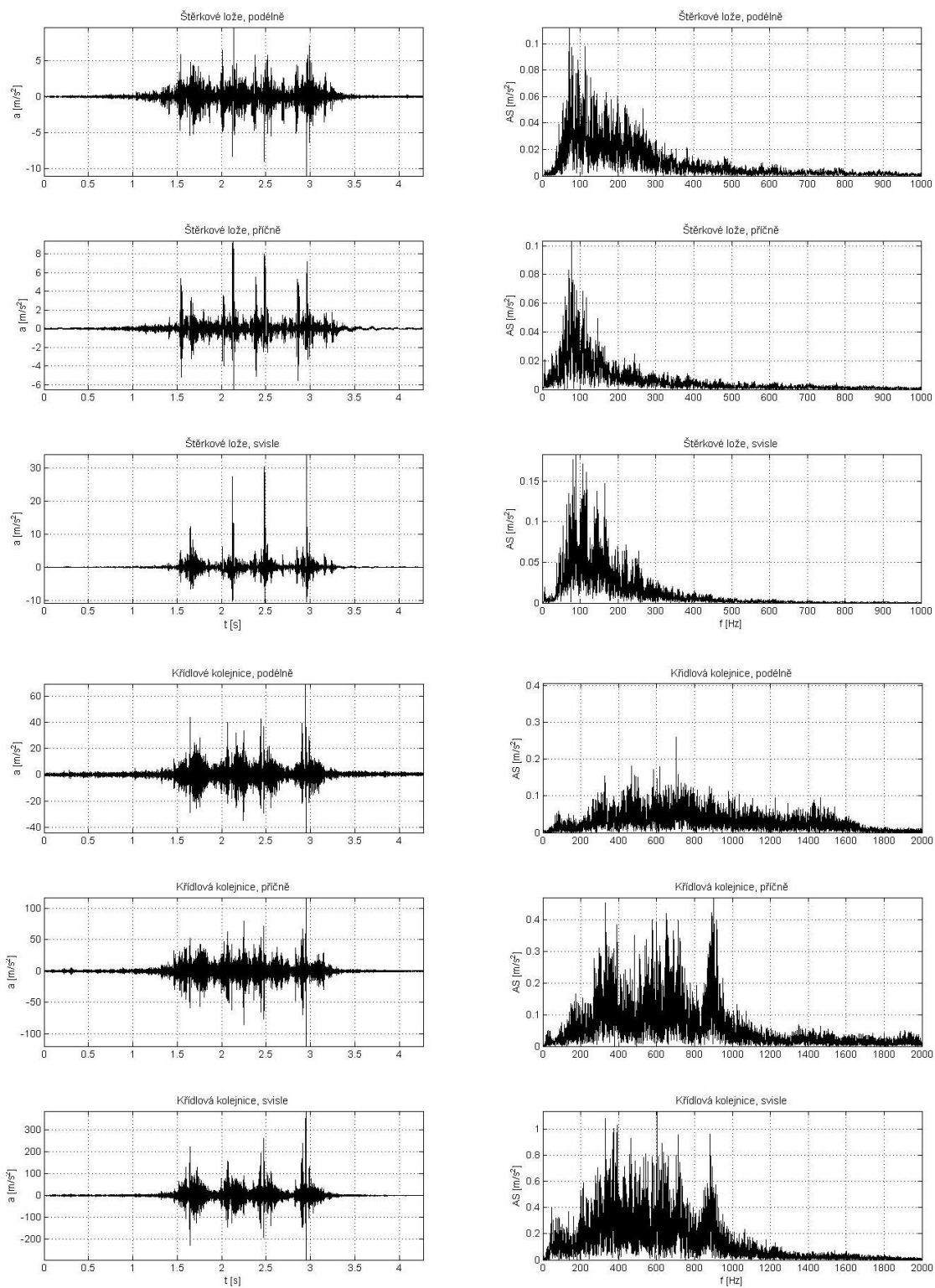


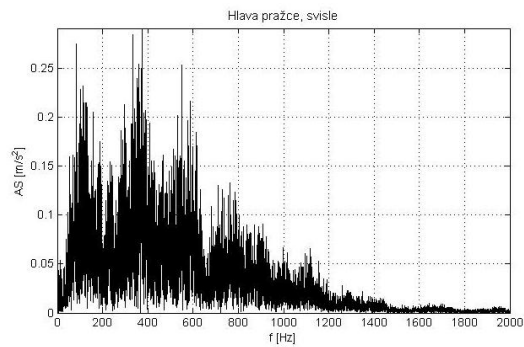
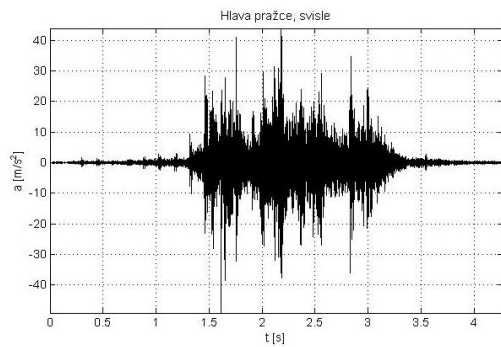
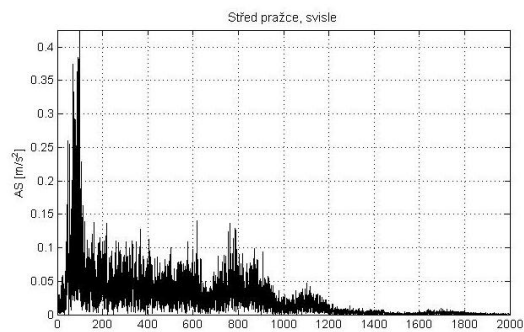
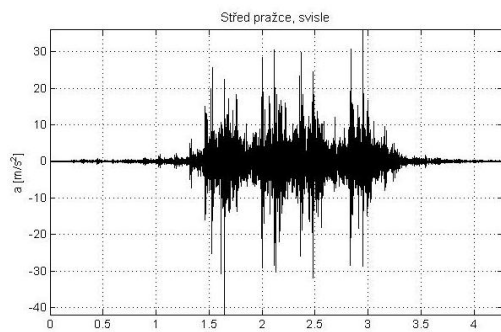




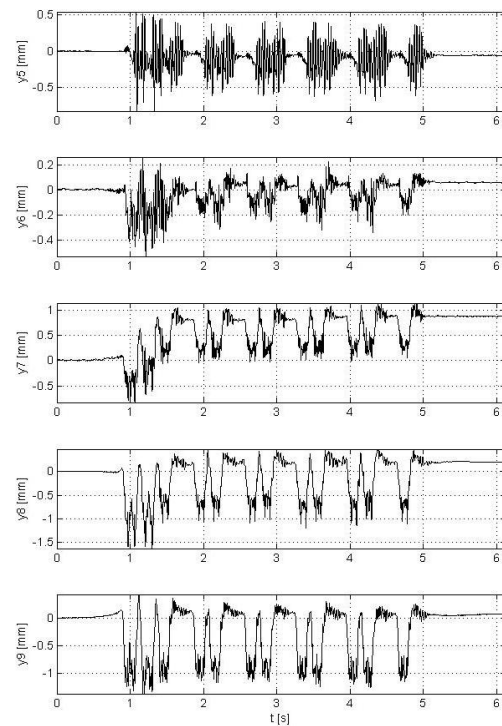
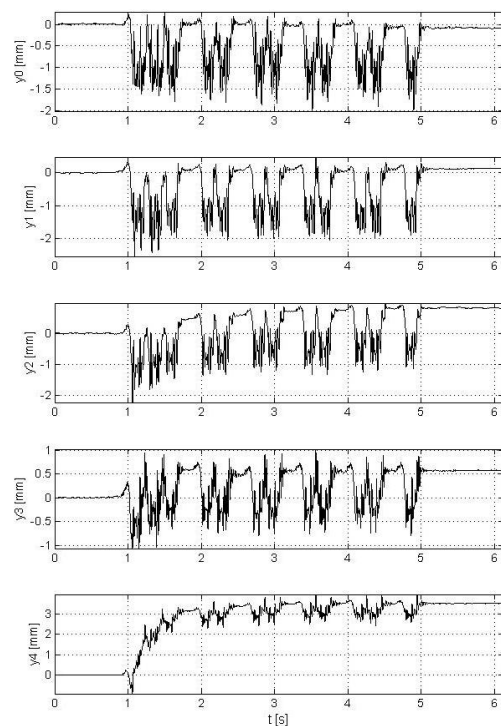
Graf posunů a zrychlení pro vlak MVTV, 60km/h bez USP

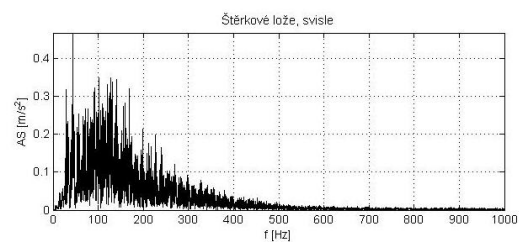
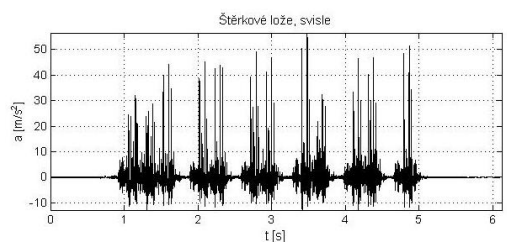
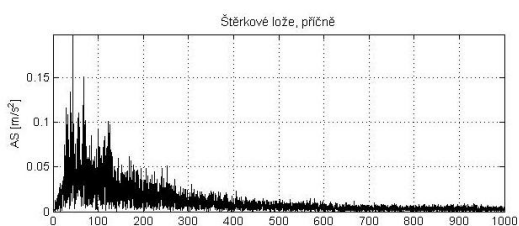
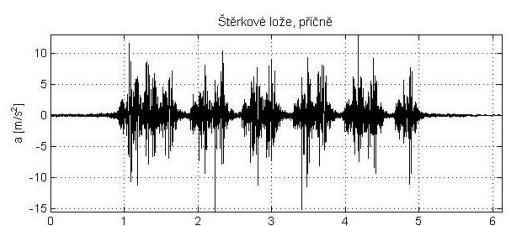
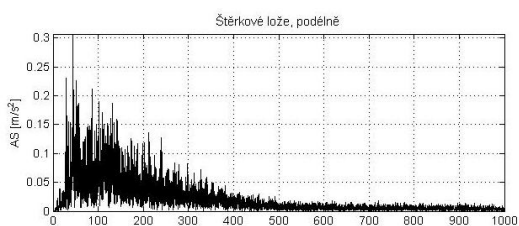
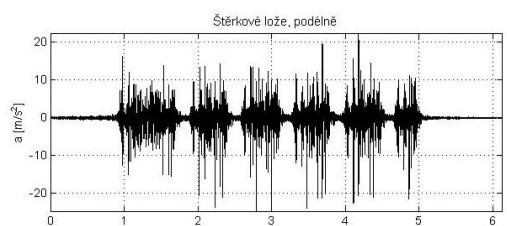
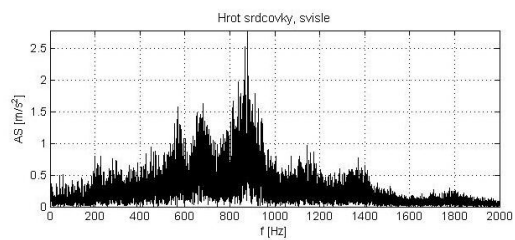
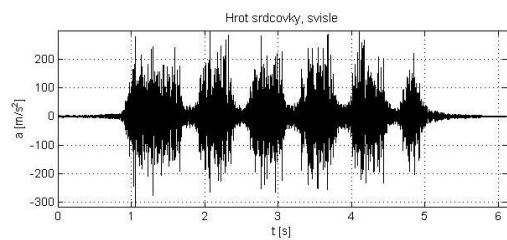
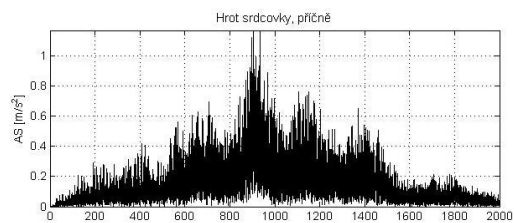
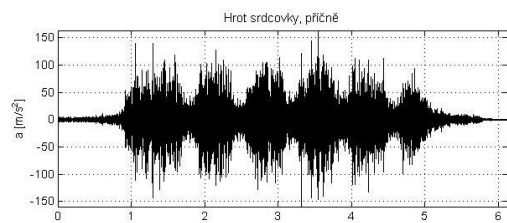
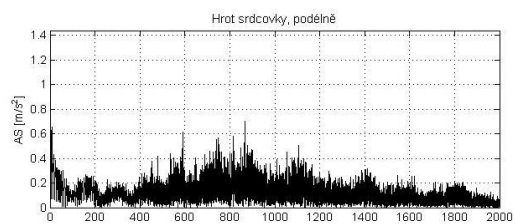
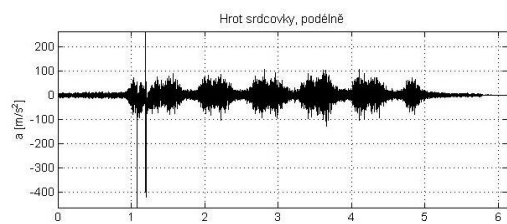


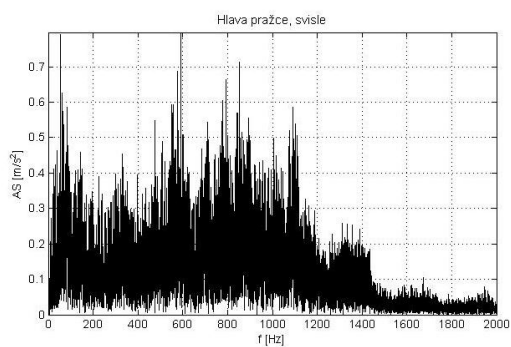
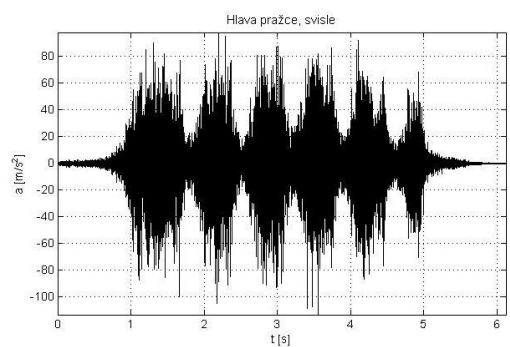
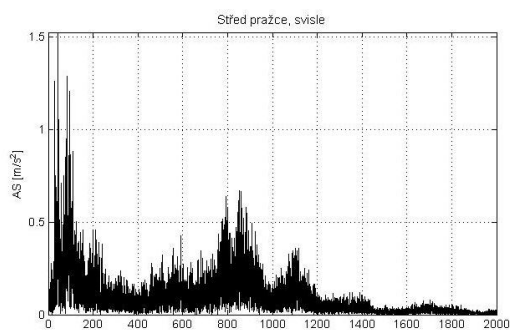
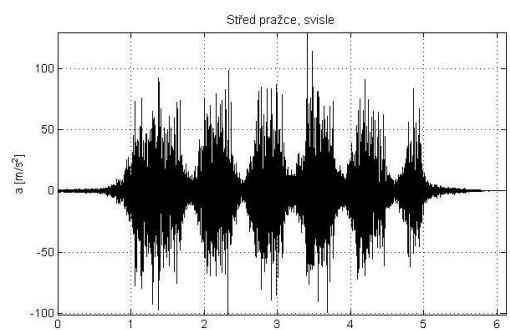
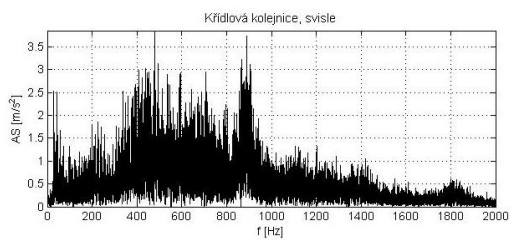
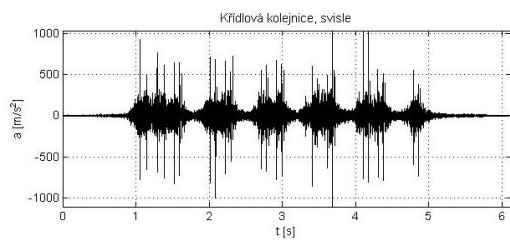
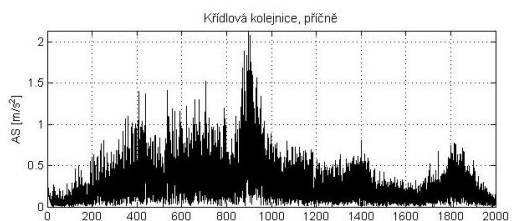
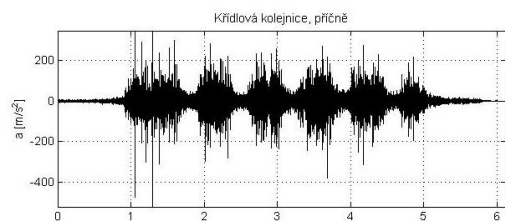
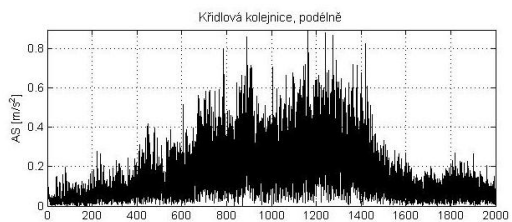
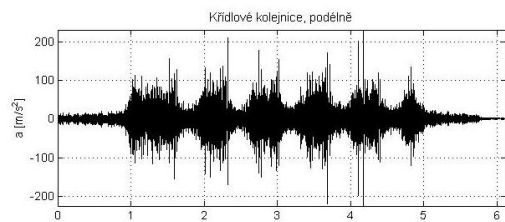




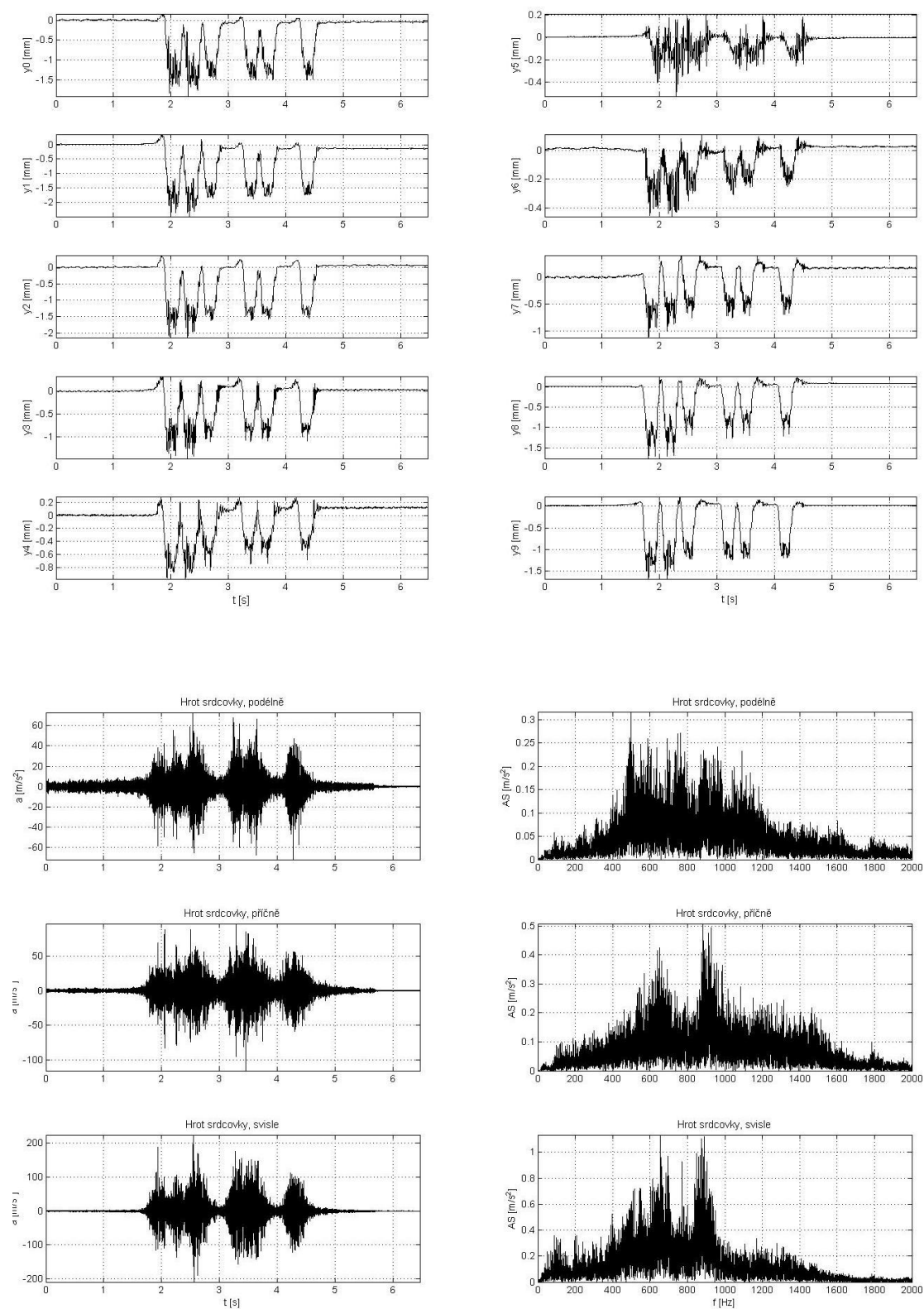
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 122km/h bez USP

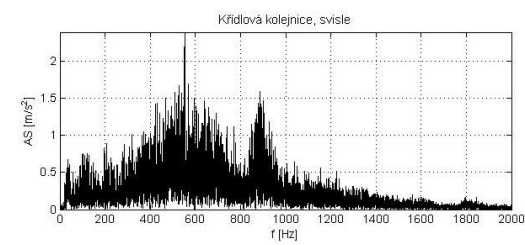
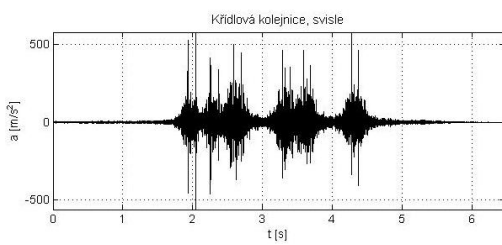
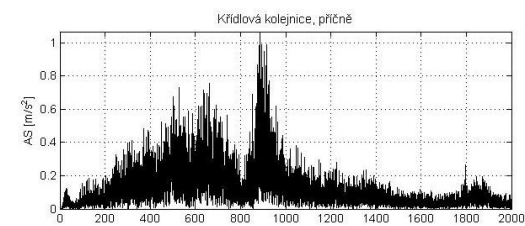
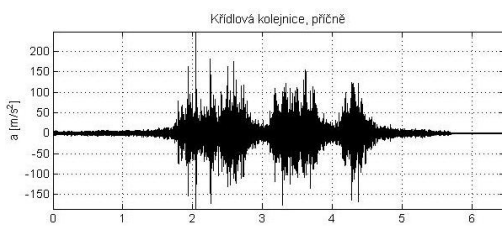
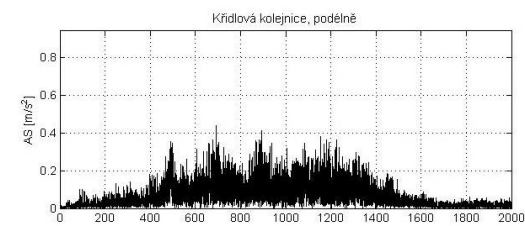
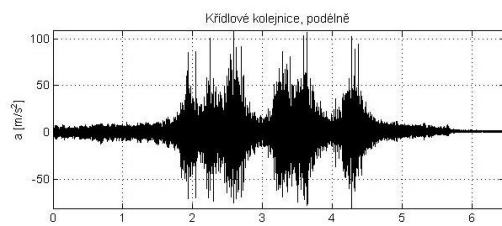
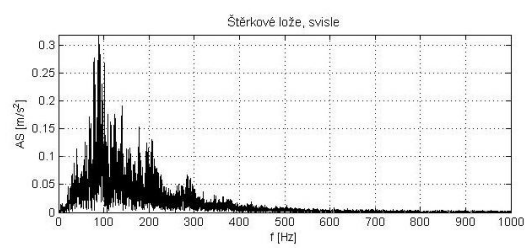
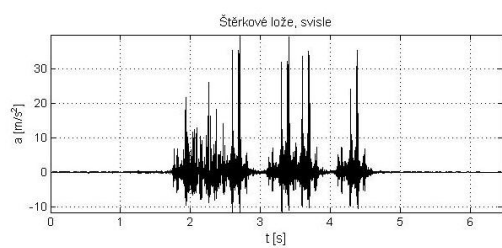
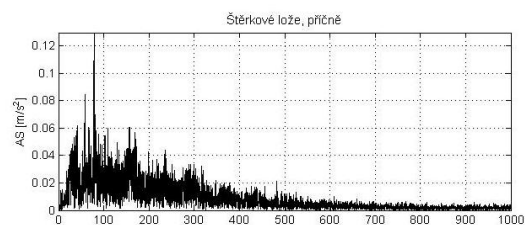
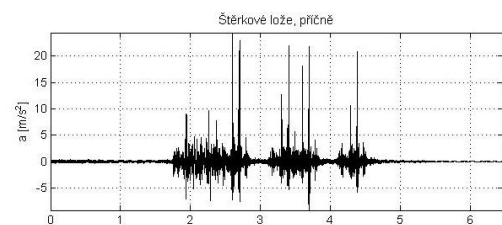
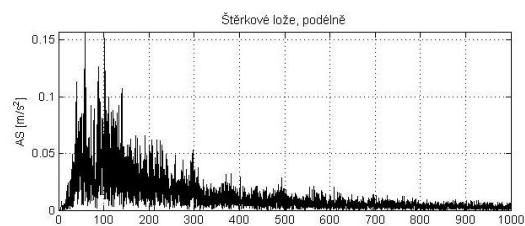
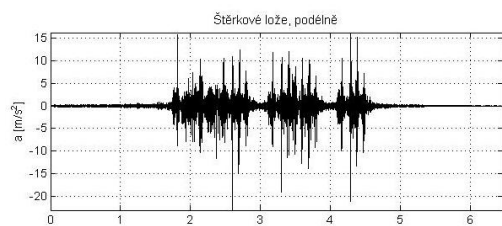


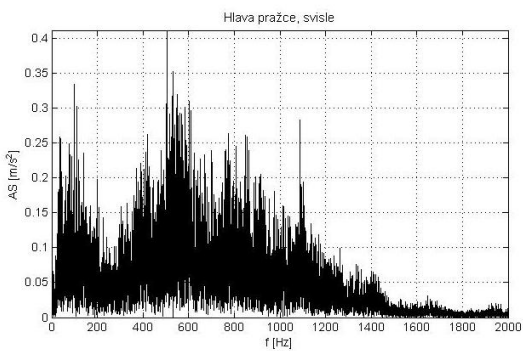
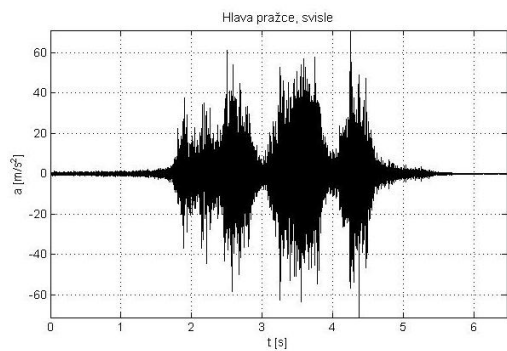
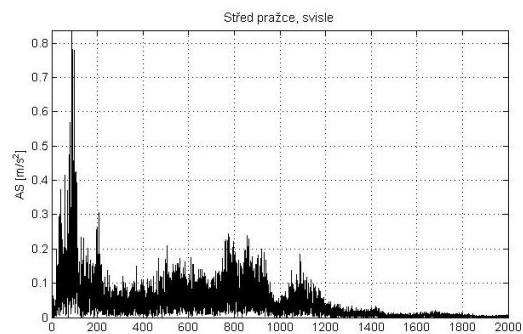
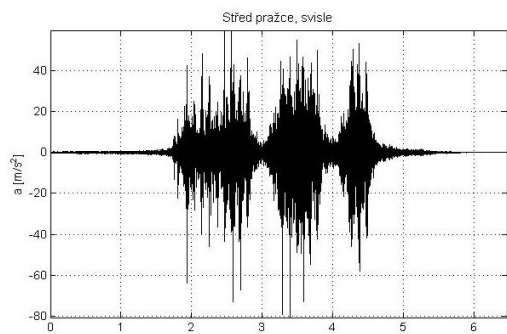




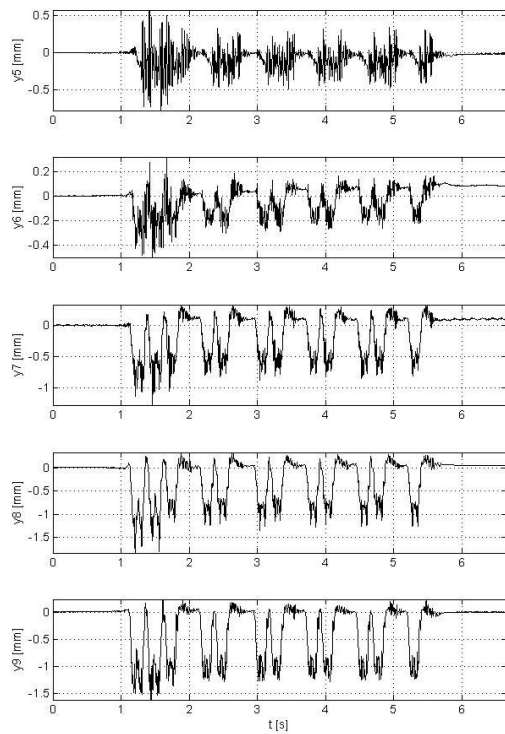
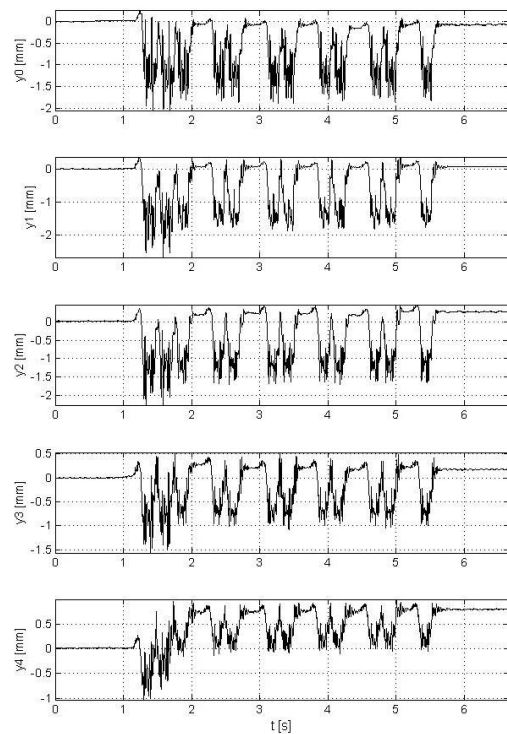
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 85-90km/h bez USP

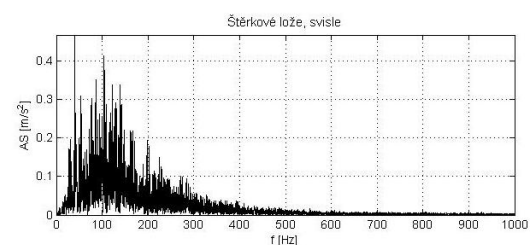
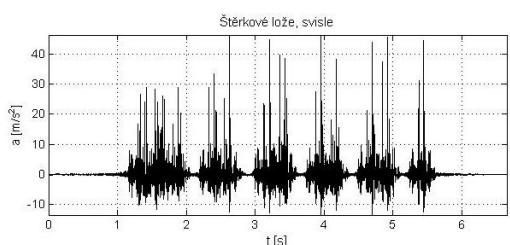
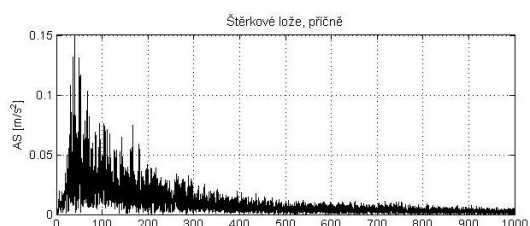
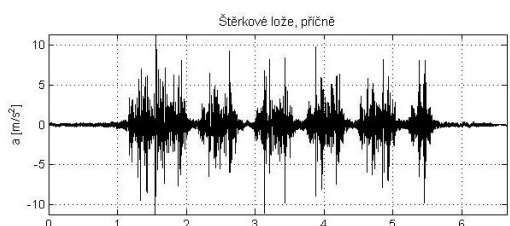
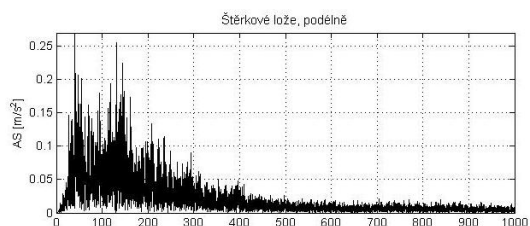
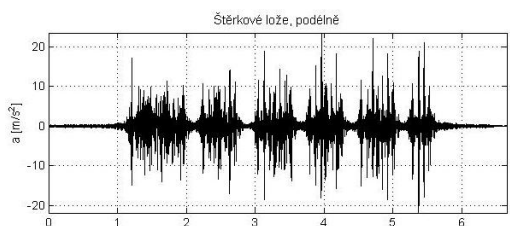
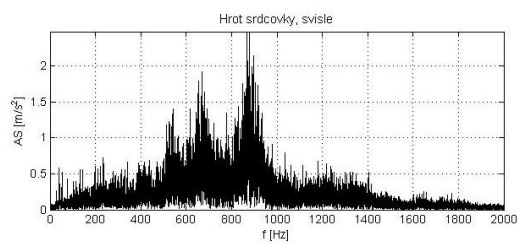
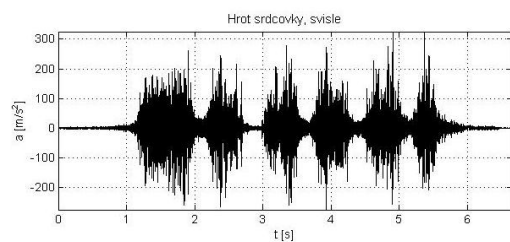
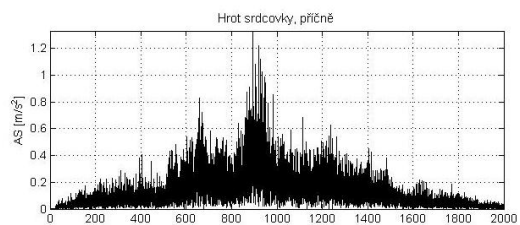
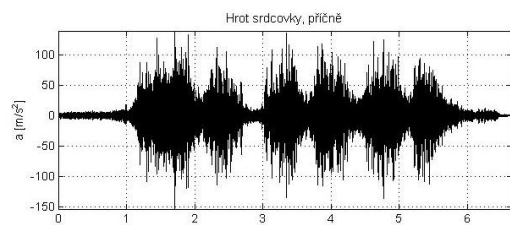
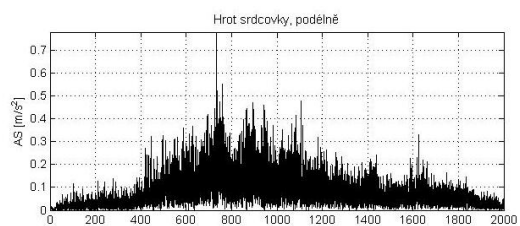
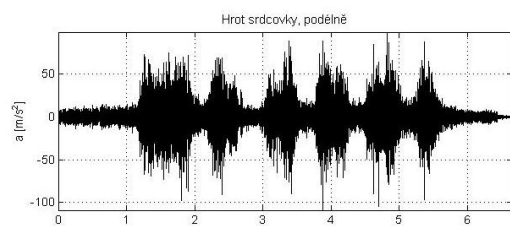


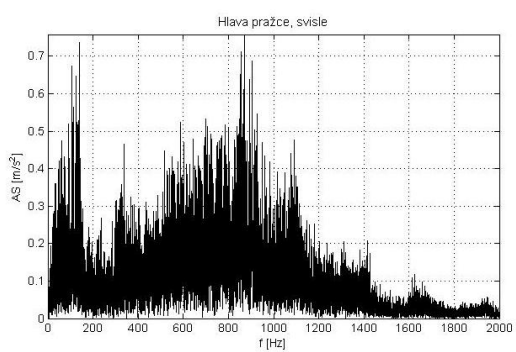
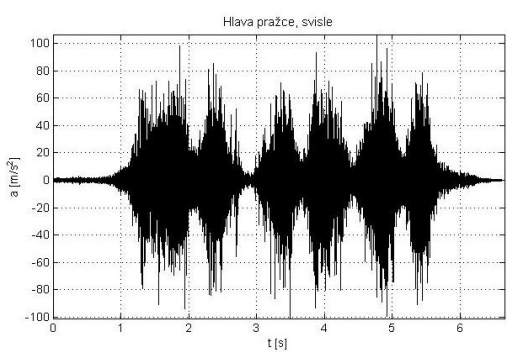
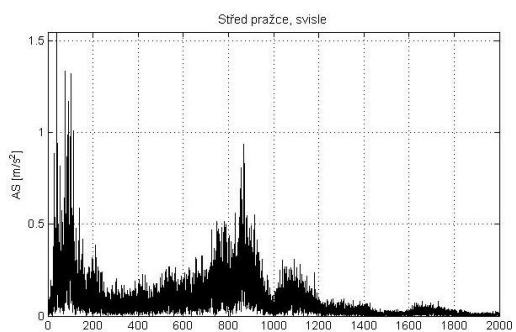
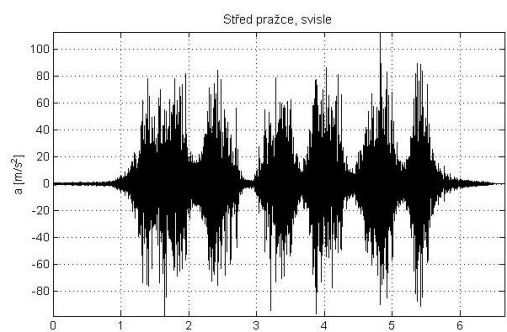
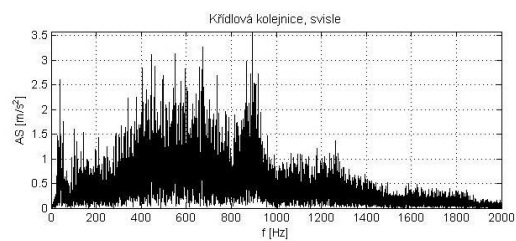
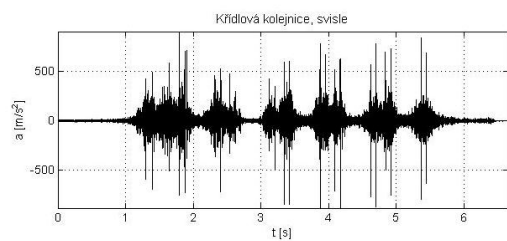
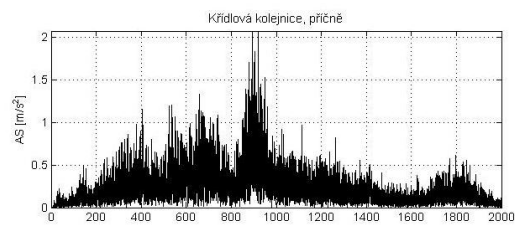
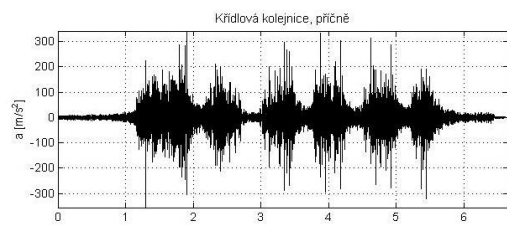
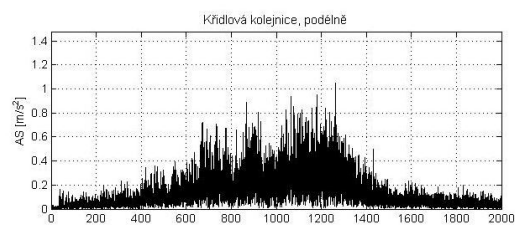
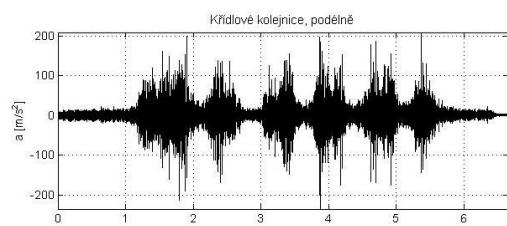




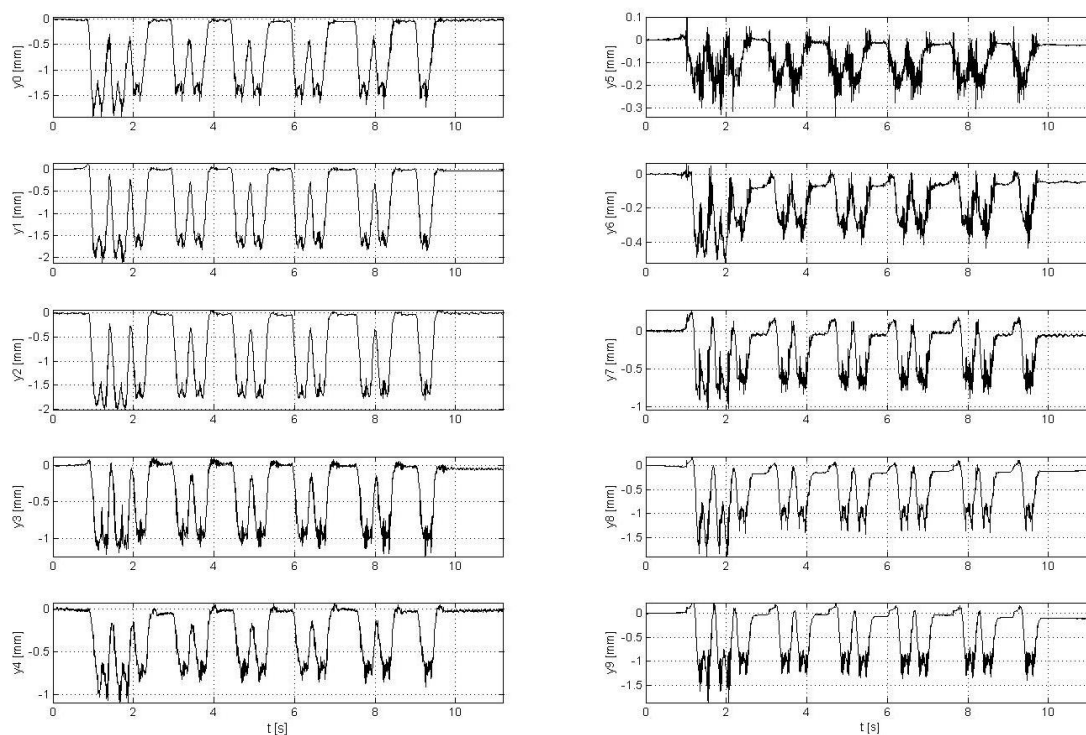
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 118km/h bez USP



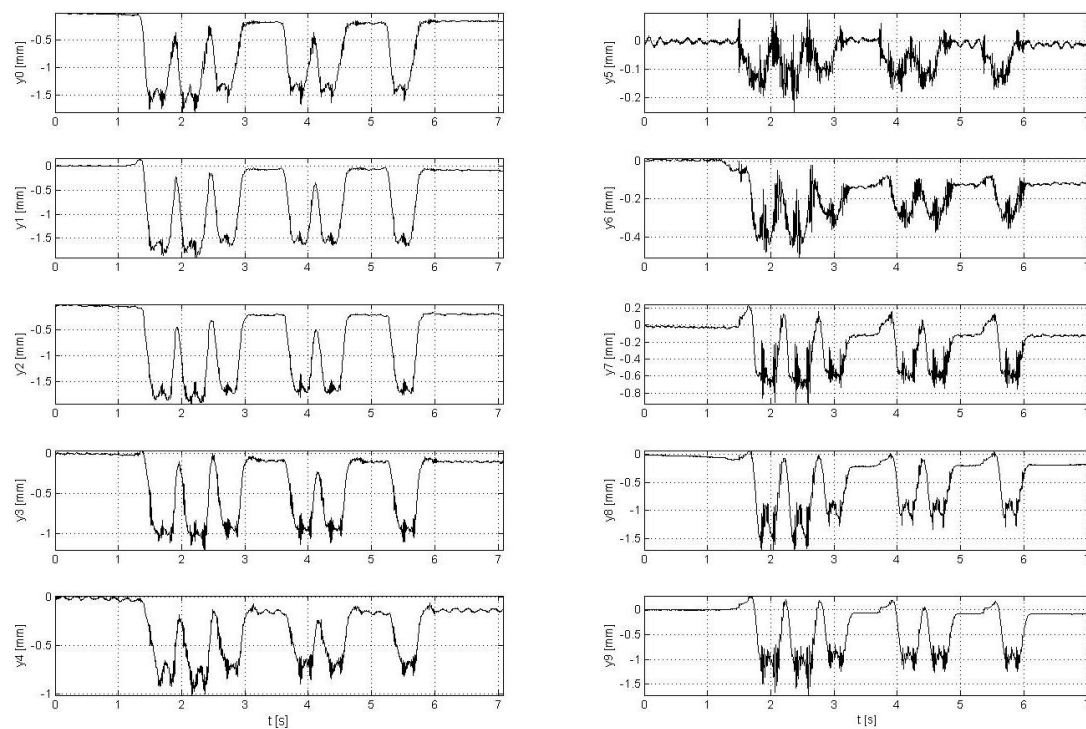


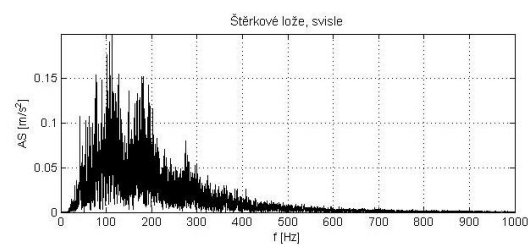
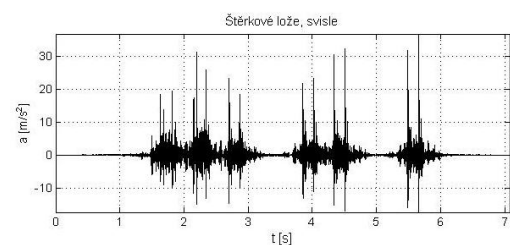
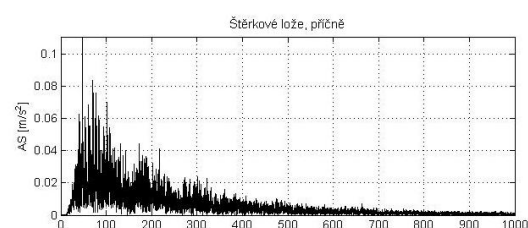
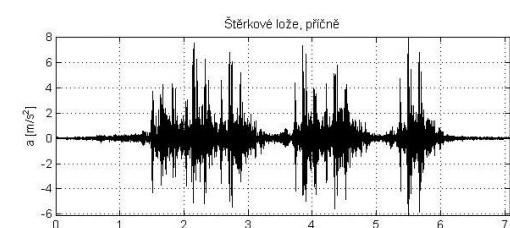
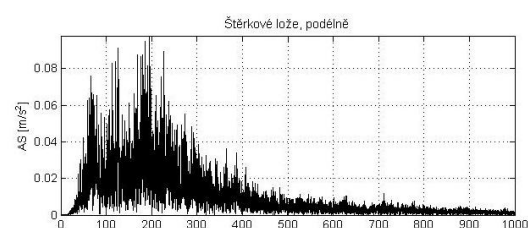
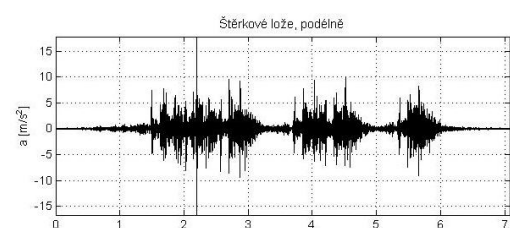
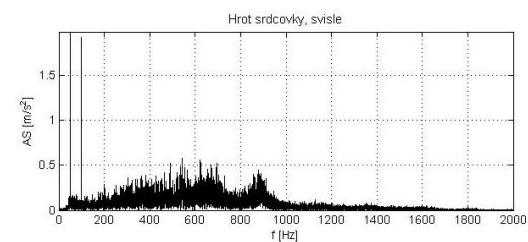
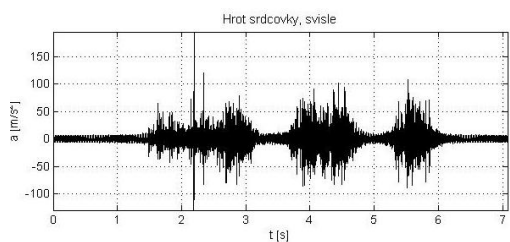
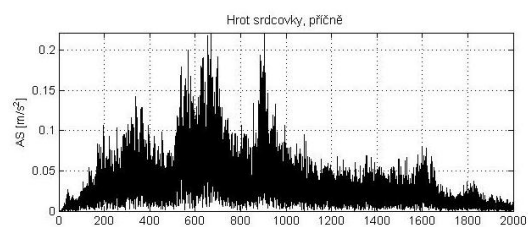
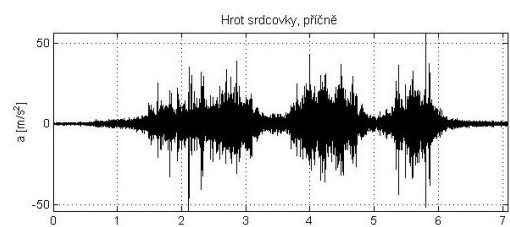
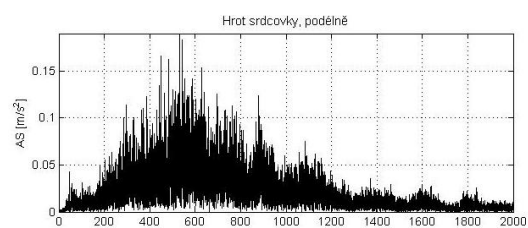
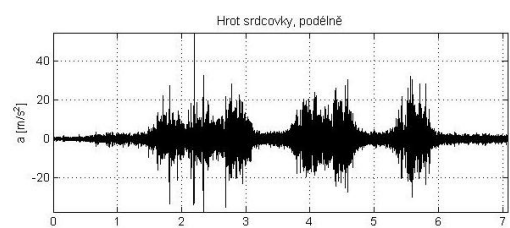


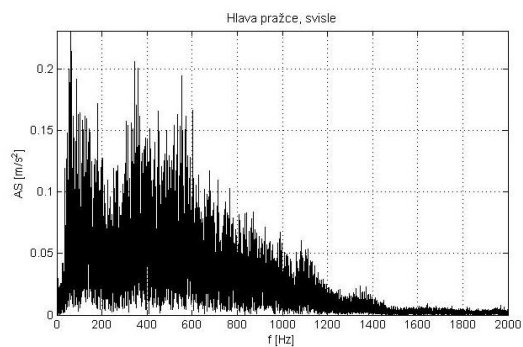
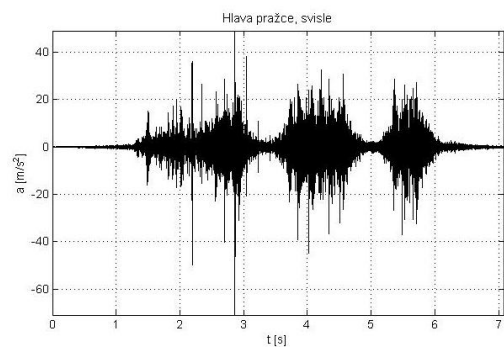
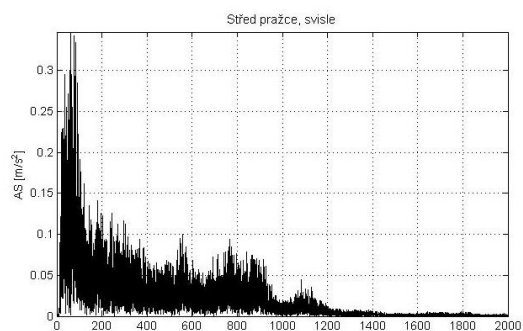
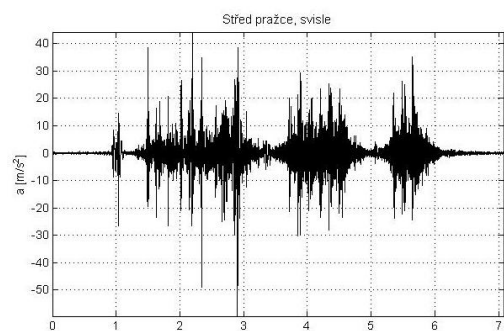
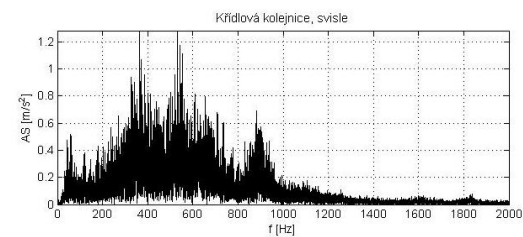
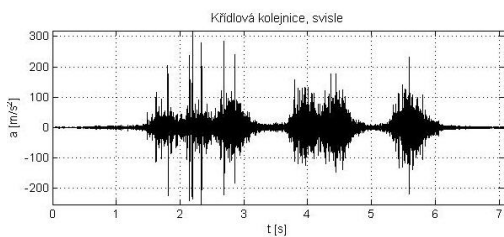
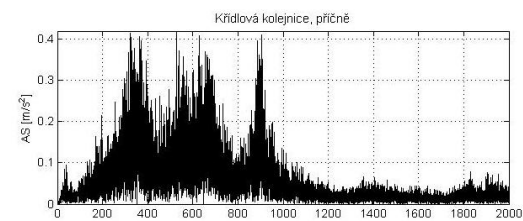
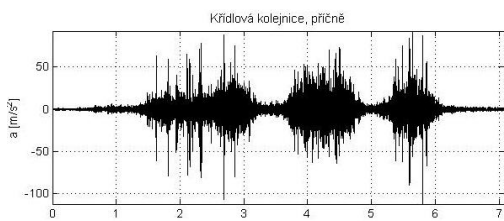
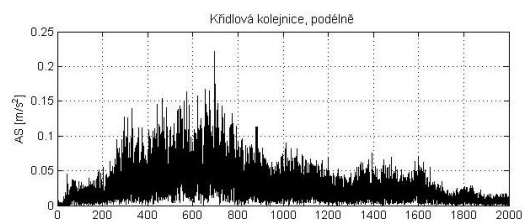
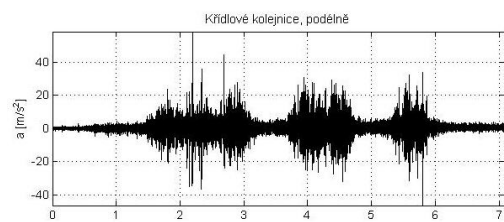
Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 59km/h bez USP



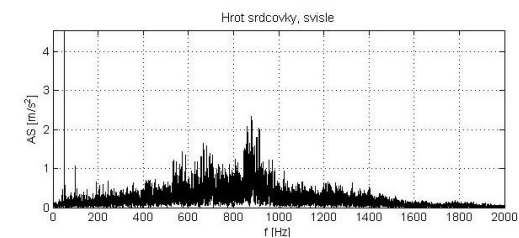
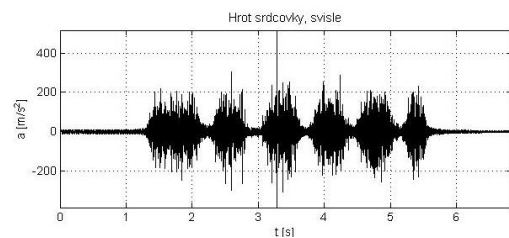
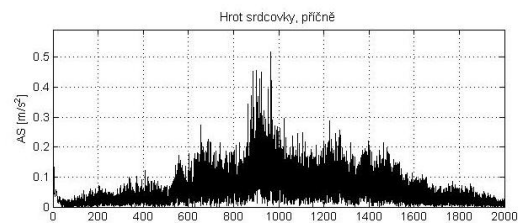
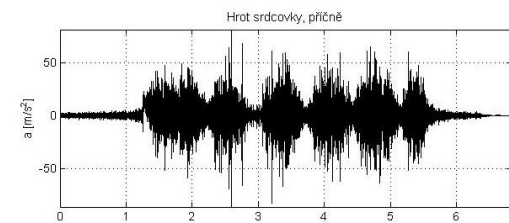
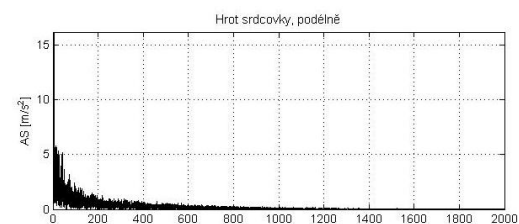
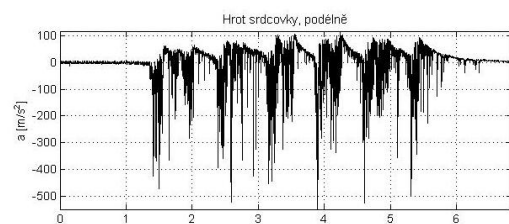
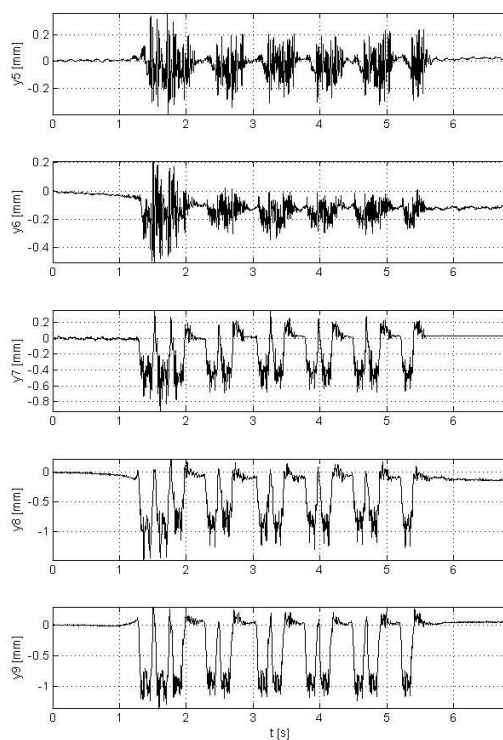
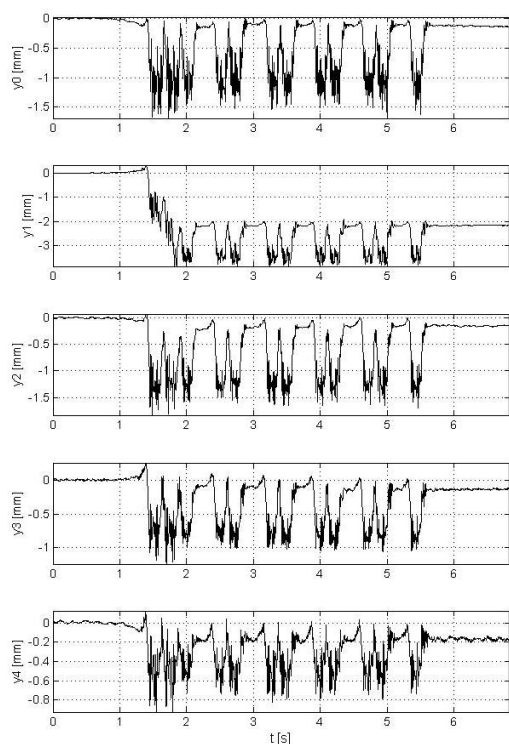
Graf posunů a zrychlení pro vlak Os, 53km/h bez USP

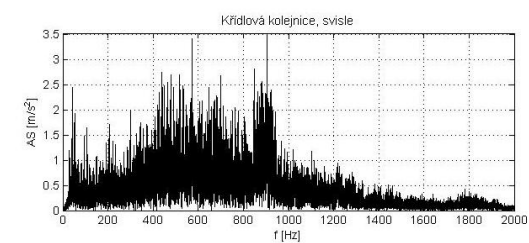
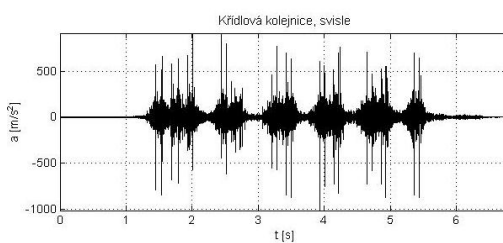
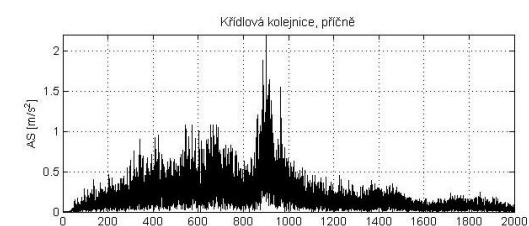
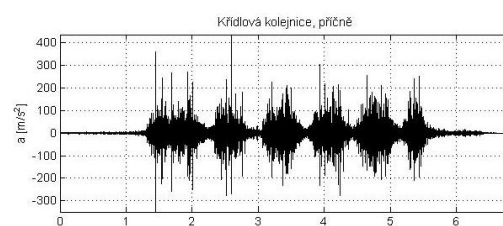
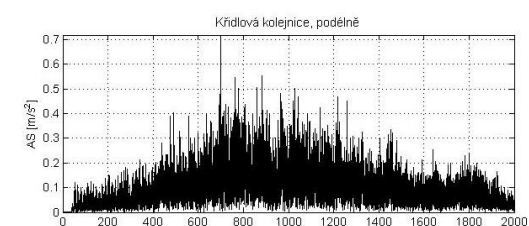
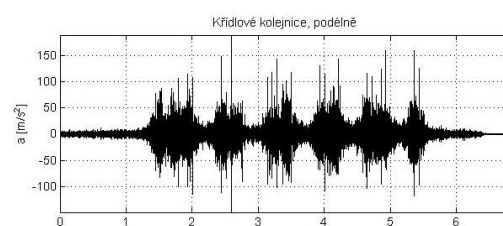
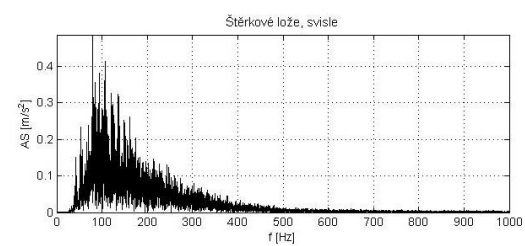
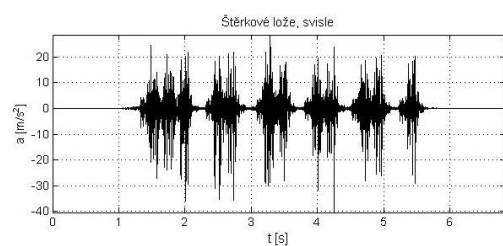
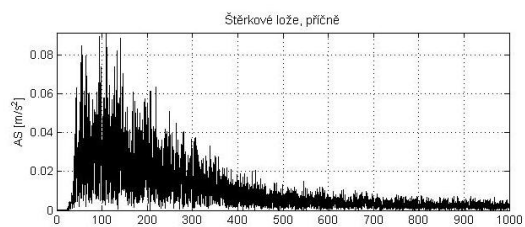
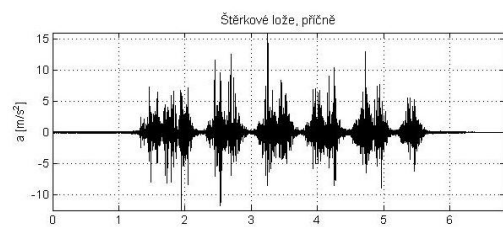
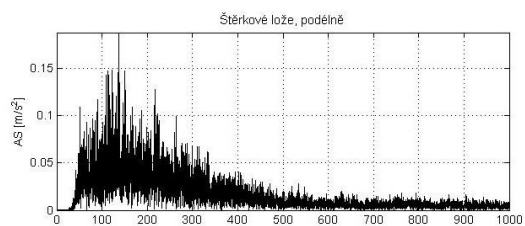
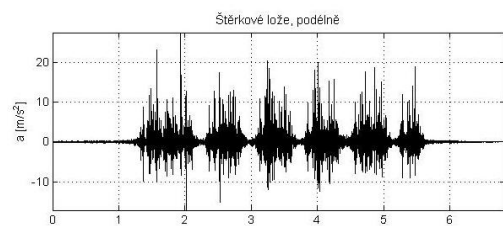


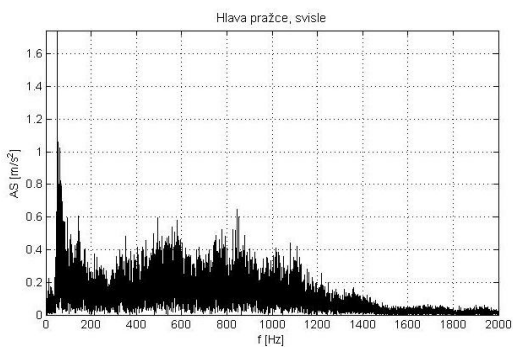
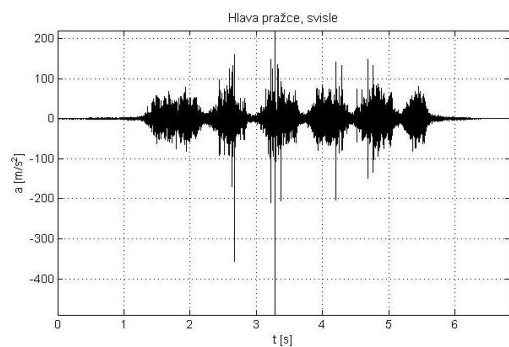
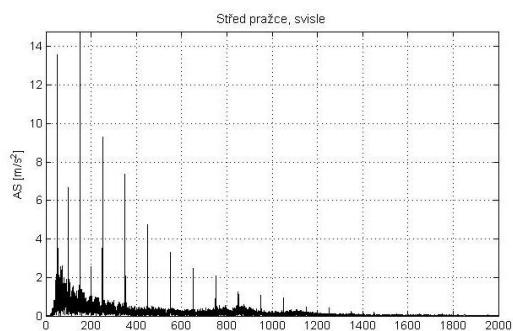
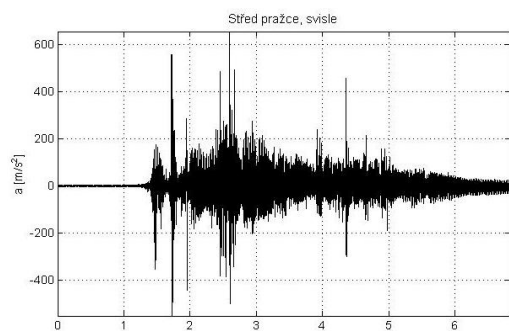




Graf posunů a zrychlení pro vlak R, 123km/h bez USP







17. Literatura

Předpis SŽDC S3 Železniční svršek. TÚDC – Oddělení typové dokumentace. Olomouc.

Smutný J., Pazdera L.: Železniční stavby. Měřicí technika a dynamika železničních staveb. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1998. 69 s. ISBN 80-214-0976-2

Miláček S.: Měření a vyhodnocování mechanických veličin. ČVUT Praha. 2001. ISBN 80 01 02417 2.
Coenraad Esveld: Modern railway track, TU Delft, 2001, ISBN 90-800324-3-3

Moravčík M., Moravčík M.: Mechanika železničních tratí 3 – Experimentálna analýza namáhania a pretvorenia komponentov trate, EDIS, Žilina, 2002, ISBN 80-7100-985-7

Dílčí zprávy projektu TAČR č. TA01031173

18. Ostatní zdroje

- [1] http://moodle1x.fce.vutbr.cz/file.php/322/Prednasky/6_Soucasti_svrsku_Kolejnice.pdf
- [2] <http://www.fd.cvut.cz/personal/tyfal/str/predmety/pkd-pr/pkd5.pdf>
- [3] http://moodle1x.fce.vutbr.cz/file.php/322/Prednasky/7.2_Pricne_prazce.pdf
- [4] <http://www.litomysky.cz/drahy/prazce0.htm>
- [5] <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=621>
- [6] <http://www.hbm.com/en/menu/products/transducers-sensors/displacement/wa-t/>
- [7] SMUTNÝ, J. Přednáška č. I. Brno, Železniční konstrukce II . Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
- [8] http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_03.pdf

Seznam použitých zkratk a symbolů

a.....	zrychlení vibrací v [m/s^2]
a_0	vztažná hodnota zrychlení vibrací v [m/s^2]
f.....	frekvence v [Hz]
f_{vz}	vzorkovací frekvence
Lv.....	lokomotivní vlak
MUV.....	motorový univerzální vozík
MVTV.....	montážní vůz trakčního vedení
Na.....	nákladní vlak
Nex.....	nákladní expresní vlak
Os.....	osobní vlak
R.....	rychlík
S0 – S7.....	snímače posunutí
t.....	čas
T.....	perioda
USP.....	Under Sleeper Pads (podpražcové podložky)
$x(t)$	signál v časové rovině
$X(t)$	signál ve frekvenční oblasti
Δt	perioda vzorkování